corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 3 - 10 giugno 1961 - un fascicolo lire 150 36° numero

corso di RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno. Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

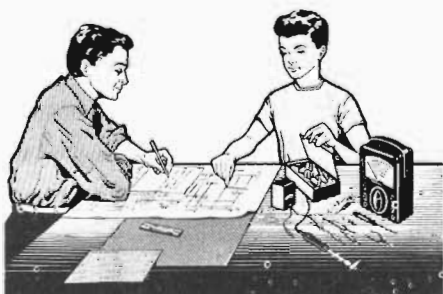
Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

CIRCUITI DI AMPLIFICAZIONE SONORA

Come sappiamo, le tensioni ad audio frequenza provenienti da microfoni, testine per la lettura fonografica o magnetica, e stadi rivelatori di apparecchi radio, sono molto deboli. Esse si possono considerare dell'ordine di alcuni millivolt per quanto riguarda i segnali provenienti da un microfono e di alcune centinaia di millivolt per i segnali presenti all'uscita dello stadio rivelatore di un apparecchio radio. Le testine di lettura per dischi fonografici, come pure quelle per nastri magnetici, forniscono tensioni che variano notevolmente secondo le caratteristiche delle anzidette testine. Esse, tuttavia, non sono mai al di fuori dei limiti accennati a proposito di microfoni e dei sintonizzatori radio (si dice « sintonizzatore radio » un apparecchio che comprende solo gli stadi ad Alta Frequenza, Media Frequenza e rivelatore, mentre manca degli stadi di Bassa Frequenza e dell'altoparlante).

La potenza che richiedono gli altoparlanti, mediante i quali i segnali ad audiofrequenza vengono ritrasformati in onde sonore, è notevole; sorge quindi la necessità di costruire dispositivi atti a trasformare i deboli segnali ad audio frequenza provenienti dalle sorgenti sopra citate, in segnali di potenza sufficiente a pilotare gli altoparlanti. Tutto ciò, naturalmente ci è noto, ma costituisce qui una necessaria premessa alla spiegazione della necessità derivante, di realizzare complessi a se stanti destinati all'amplificazione di potenza.

La potenza necessaria dipende dal tipo di altoparlante o, più in generale, di trasduttore elettroacustico che si vuole impiegare. Questo dipende, a sua volta, dalle dimensioni del locale, o dall'ampiezza della zona in cui si vuole che i suoni riprodotti possano venire uditi. I trasduttori elettroacustici più comuni sono indubbiamente gli altoparlanti, capaci di trasformare in energia sonora potenze comprese entro una vasta gamma, da qualche milliwatt fino ad alcune diecine di watt. Per quanto riguarda potenze inferiori, si usano cuffie o auricolari, mentre per potenze superiori si usano le cosidette « trombe esponenziali », capaci di funzionare a potenze elevatissime dell'ordine, talora, di qualche centinaio di watt.

A titolo indicativo, diciamo che la potenza sufficiente a determinare un gradevole livello sonoro in un normale locale di soggiorno si aggira sui 3 watt, e può salire fino a 8-10 watt nel caso di locali di grandi dimensioni. Maggiori potenze sono necessarie nel caso di sale cinematografiche, variabili, secondo le dimensioni della sala, da 15 a 75 watt. Per luoghi all'aperto si rendono spesso necessarie potenze ancora maggiori, specialmente se si desidera che la « zona utile » di ascolto sia ampia. E' appunto in questo caso che si ricorre spesso alle trombe esponenziali.

Questi ultimi trasduttori sono, peraltro, caratterizzati da una minore ampiezza della banda di frequenza riprodotta, rispetto a quella di un buon altoparlante. Se tuttavia, si considera che le riproduzioni all'aperto consistono in generale in discorsi, avvisi informativi o pubblicitari e simili, si comprende come non sia necessaria, in tali circostanze, una perfetta linearità nella risposta alle diverse frequenze.

I dispositivi che consentono di fornire agli altoparlanti la potenza necessaria, partendo dai deboli segnali provenienti dai rivelatori, vengono detti « circuiti di amplificazione sonora » o — più comunemente — « amplificatori ».

In questa lezione esamineremo inizialmente le caratteristiche generali che presentano gli amplificatori, riservandoci di trattare in lezioni successive ciò che riguarda più propriamente la fedeltà della riproduzione, ossia l'esame dei diversi tipi di distorsione che un amplificatore può produrre, le diverse tecniche aventi lo scopo di ridurre tali distorsioni, ossia la controreazione e, in generale, tutti quei circuiti di tipo particolare propri degli amplificatori cosidetti ad « alta fedeltà ». Nella seconda parte della lezione ci occuperemo, in modo particolare, degli stadi finali di potenza in controfase e delle loro caratteristiche.

CARATTERISTICHE GENERALI degli AMPLIFICATORI

Gli amplificatori si possono suddividere, tra l'altro, in due categorie, a seconda che l'amplificazione del segnale venga ottenuta mediante transistori, oppure mediante valvole. Per ora ci interesseremo di quelli a valvola: successivamente, di quelli a transistori. Uno schema tipico, a blocchi, di amplificatore a valvole è rappresentato alla **figura 1**.

Il circuito di ingresso ha come scopo principale l'adattamento dell'impedenza del rivelatore a quella dei successivi stadi di amplificazione. Esso comprende quindi diverse « entrate », ciascuna delle quali presenta un'impedenza adatta ad un determinato tipo di sorgente di segnale. Inoltre, come già detto, la tensione del segnale proveniente dal microfono è notevolmente più bassa di quella proveniente da un rivelatore fonografico o magnetico. Questa, a sua volta, è inferiore alla

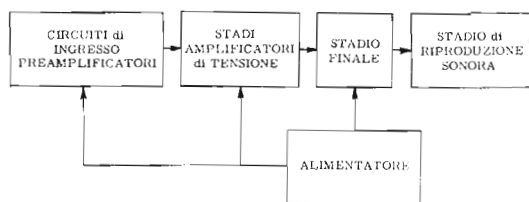



Fig. 1 - Schema a blocchi di un impianto amplificatore, generico, per amplificazione sonora. Ad ogni sezione sono affidati compiti particolari. Lo stadio alimentatore, comune a tutti gli altri, provvede a fornire tutte le tensioni necessarie al funzionamento delle valvole.

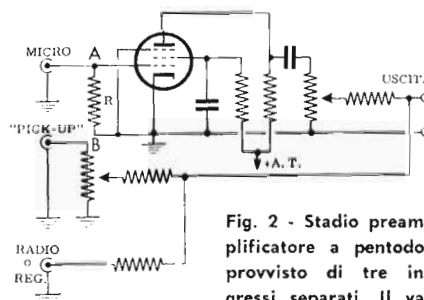



Fig. 2 - Stadio preamplificatore a pentodo, provvisto di tre ingressi separati. Il valore di R determina l'impedenza di ingresso tra A e B.

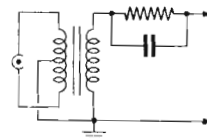



Fig. 3 - Adattatore di impedenza di ingresso a trasformatore, con linea esterna bilanciata rispetto a massa, grazie alla presa centrale sul primario.

tensione presente all'uscita di un sintonizzatore radio. Per consentire quindi un funzionamento uniforme degli stadi successivi dell'amplificatore, lo stadio d'entrata presenta spesso la possibilità di « sensibilità » diverse, vale a dire che molto spesso si hanno singoli circuiti preamplificatori, interposti tra una data presa d'entrata ed il resto del circuito, in modo che all'uscita dello stadio sia presente sempre un segnale a tensione media costante qualunque sia la sorgente di segnale che si utilizza.

L'unità successiva di amplificazione *di tensione*, comprende in genere diversi stadi a triodo o a pentodo (stadi detti intermedi), con accoppiamento RC. In alcuni casi tale tipo di accoppiamento viene sostituito con quello diretto, che consente il trasferimento più lineare delle diverse frequenze. Gli stadi intermedi con accoppiamento a trasformatore, una volta notevolmente diffusi, sono ora assai scarsamente impiegati, e ciò sia per ragioni di semplicità costruttiva, che per il maggior costo e la minore linearità di risposta che essi presentano.

L' accoppiamento a trasformatore veniva utilizzato soprattutto per la sua attitudine ad apportare un aumento di tensione del segnale, ottenuto mediante un adeguato rapporto di spire, in salita. Oggi, il coefficiente di amplificazione delle valvole è così elevato, che non si rende necessario tale ulteriore aumento della tensione del segnale.

Lo stadio finale, che conclude la serie di circuiti amplificatori, ha lo scopo essenziale di fornire *la potenza* necessaria a pilotare gli altoparlanti. Esso provvede quindi ad effettuare, più che un'amplificazione di tensione, un'amplificazione di potenza. Si può anzi affermare, che è tale stadio che determina, essenzialmente, il funzionamento dell'altoparlante, poichè tutti gli stadi precedenti hanno l'unico scopo di fornire una tensione di segnale sufficiente a pilotare lo stadio finale.

La sezione successiva comprende i trasduttori elettroacustici ed il trasformatore d'uscita. Lo scopo di quest'ultimo è, come è noto, di adattare l'impedenza di uscita della valvola finale (dell'ordine di alcune migliaia di ohm) a quella degli altoparlanti, in genere dell'ordine di pochi ohm. Lo stadio finale è, senza dubbio, quello più importante ai fini della qualità di riproduzione, per il fatto che la qualità dei suoi componenti incide in modo decisivo sulla curva di risposta complessiva dell'amplificatore. Specialmente il trasformatore d'uscita è, a questo proposito, un componente molto critico. La tecnica si sta orientando verso stadi finali con impedenza d'uscita il più possibile bassa e l'ideale sarebbe poter costruire altoparlanti con impedenza dell'ordine dei 500 o 1.000 ohm, in modo da poter collegare direttamente la bobina mobile dell'altoparlante come carico anodico dello stadio finale. Si riuscirebbe così ad eliminare il trasformatore di uscita, e tutte le distorsioni da esso determinate.

Lo stadio di alimentazione ha, ovviamente, lo scopo di fornire le varie tensioni necessarie al funzionamento degli stadi amplificatori veri e propri. In particolare, esso deve fornire una tensione continua dell'ordine di 300 volt (anche maggiore nel caso di amplificatori di grande potenza) e la tensione alternata necessaria per l'accensione dei filamenti; è, generalmente, composto da un trasformatore di alimentazione, da un circuito raddrizzatore a due semionde, ed infine da un circuito per il filtraggio della tensione anodica che deve essere, come avremo modo di esaminare più dettagliatamente in seguito, accurato.

Ora che conosciamo — nelle linee generali — le funzioni dei diversi stadi di un amplificatore, esaminiamo, per ogni stadio, i circuiti che si incontrano con maggiore frequenza.

CIRCUITI DI INGRESSO

Uno schema di stadio di ingresso per amplificatore di buona qualità è rappresentato alla **figura 2**. Si può notare che in esso sono presenti tre diverse entrate: una per microfono ad alta impedenza, una per il fonorivelatore ed infine una, utilizzabile sia per sintonizzatore che per registratore magnetico. E' altresì prevista una modifica che consente l'impiego di un microfono a bassa impedenza.

La caratteristica essenziale dello stadio d'ingresso che stiamo descrivendo è quella di essere dotato di una valvola preamplificatrice, un pentodo ad alto fattore di amplificazione ed a basso rumore (ad esempio una EF 86). Tale stadio, detto anche preamplificatore microfonico, viene usato solo nel caso in cui il segnale disponibile sia molto debole. Infatti, mentre l'entrata per il microfono va a collegarsi alla griglia della EF86, le altre due entrate sono unite direttamente

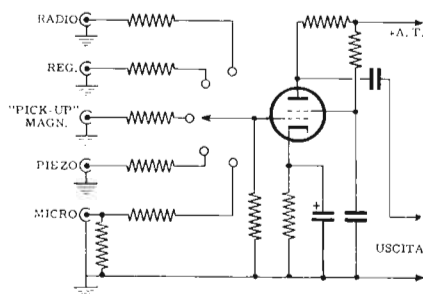



Fig. 4 - Stadio preamplificatore, provvisto di commutatore che permette di variare le caratteristiche di impedenza e di ingresso a seconda del tipo di segnale entrante.

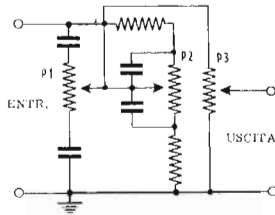



Fig. 5 - Tipico controllo di volume (P3) e di tono (P1 e P2), separato per le note alte e per le note basse, inseribile tra i morsetti di ingresso e la griglia del primo stadio.

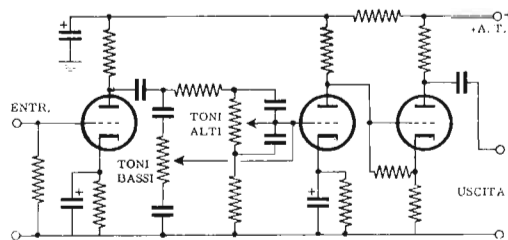



Fig. 6 - Preamplificatore di Bassa Frequenza, costituito da tre stadi. In questo caso, il doppio controllo di tono è inserito tra il primo ed il secondo stadio. L'accoppiamento tra il secondo ed il terzo stadio è del tipo diretto (massima linearità).

all'uscita dello stadio. I segnali provenienti da radio, fono e magnetofono non vengono quindi preamplificati, mentre il segnale più debole viene portato, mediante la EF86, ad un'ampiezza dell'ordine degli altri citati.

L'impedenza di ingresso del canale microfonico è determinata essenzialmente dal valore della resistenza *R*. L'entrata è prevista per un microfono a cristallo, e poichè tale microfono ha un'impedenza prevalentemente capacitiva, dell'ordine dei 2.000 pF, per evitare il verificarsi di una forte attenuazione alle frequenze basse occorre che il valore di *R* sia elevato. Con una resistenza da 1,5 Mohm si avrebbe ancora, alla frequenza di 100 Hz, un'attenuazione di circa $\frac{1}{3}$; si è scelto quindi, per *R*, un valore di 10 Mohm, il che consente un buon funzionamento anche alle frequenze basse. Volendo usare un microfono a bassa impedenza, la parte di circuito che sta tra l'entrata microfonica e la valvola deve essere sostituita col circuito rappresentato alla **figura 3**.

Il trasformatore è del tipo con rapporto in salita, ed i suoi terminali esterni devono essere il più possibile brevi, onde evitare ronzio e perdite alle frequenze elevate.

Un altro circuito di ingresso è illustrato alla **figura 4**. Sono previste cinque entrate differenti, delle quali due per fonorivelatore (magnetico e piezoelettrico), una per microfono, una per registratore magnetico ed una per sintonizzatore. In questo caso tutti i segnali vengono applicati direttamente alla prima valvola amplificatrice di tensione, e quindi l'unica differenza tra i diversi canali deriva dalle resistenze che determinano l'impedenza d'ingresso.

L'AMPLIFICAZIONE DI TENSIONE

Talora il circuito di ingresso comprende anche i controlli di tono, che in altri casi sono invece presenti nei successivi stadi di amplificazione di tensione. Alla **figura 5** è rappresentato il circuito di ingresso di un amplificatore ad entrata unica, con doppio controllo di tono. Il potenziometro *P*1 determina il responso dello amplificatore alle note alte, mentre il potenziometro *P*2 agisce sulle note basse. Vedremo più avanti il principio di funzionamento dei controlli di tono. Il potenziometro *P*3 regola la tensione del segnale complessivo che si applica alla griglia della prima valvola, e serve quindi da controllo di volume.

Ai circuiti di ingresso seguono, come abbiamo visto, diversi stadi che provvedono ad un'amplificazione di tensione. Il numero di tali stadi dipende sia dalla qualità dell'amplificatore, sia dalla sensibilità totale che si vuole ottenere. Infatti, con le valvole moderne è possibile, con un solo stadio raggiungere già una discreta amplificazione. Tuttavia, negli amplificatori di alta classe, si preferisce distribuire l'amplificazione di tensione in diversi stadi successivi, poichè, quando si vuole pervenire ad una forte amplificazione con un solo stadio, peggiora la qualità della riproduzione, venendosi ad introdurre, come vedremo in una lezione prossima, due tipi di distorsione.

Alla **figura 6** è rappresentato lo schema di un amplificatore di tensione. Esso è costituito da tre triodi, disposti in cascata. Tra il primo ed il secondo triodo si trovano due circuiti di controllo di tono, che agiscono separatamente sui toni alti e su quelli bassi. L'accoppiamento tra il primo ed il secondo triodo avviene mediante questi circuiti, ed è quindi del tipo *RC*. L'accoppiamento tra il secondo ed il terzo triodo è invece del tipo diretto, poichè in tal modo si ottiene una maggiore linearità nel trasferimento del segnale.

Il circuito della **figura 6** è adatto a seguire uno stadio di ingresso sprovvisto di controlli di tono, del tipo di quello della figura 2 o della figura 4. Per circuiti di ingresso già provvisti di controllo di tono, quale ad esempio quello di figura 5, è più adatto invece il circuito di **figura 7**.

In esso rileviamo due soli stadi amplificatori di tensione disposti in cascata, utilizzanti i due triodi della ECC83, e non si hanno particolarità degne di nota, se si eccettua l'uscita di catodo del secondo triodo, che consente un abbassamento dell'impedenza di uscita. Ciò è vantaggioso perchè i collegamenti ad alta impedenza determinano sempre una attenuazione delle frequenze alte, causata dalla capacità parassita.

Negli amplificatori, assume particolare importanza la componente capacitiva della resistenza di entrata dei singoli stadi, specialmente per quanto riguarda i circuiti di amplificazione ed i primi stadi di amplificazione di tensione. Questa capacità è sempre determinata dalla somma della capacità interelettrodica della valvola e della capacità parassita del collegamento facente capo alla griglia. Non sono, infatti, presenti condensatori di fuga verso massa, poichè il loro effetto si tradurrebbe — dato che l'impedenza di entrata è in ge-

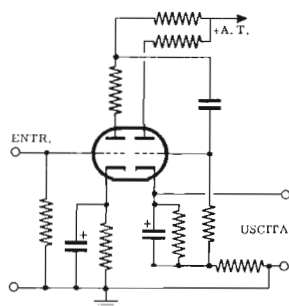



Fig. 7 - Stadio preamplificatore a doppio triodo, nel quale la seconda sezione viene impiegata con uscita catodica, ossia a bassa impedenza.

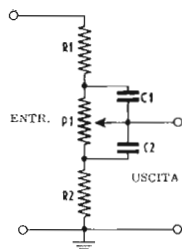



Fig. 8 - A - Sezione del controllo di tono per le sole note alte. I valori tipici sono: R1 = 0,1 Mohm; P1 = 1 Mohm; R2 = 10 kohm; C1 = 1.000 pF; C2 = 10.000 pF.

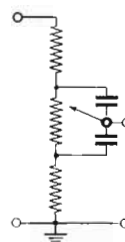



Fig. 8-B - In questa posizione si ha la massima attenuazione delle note alte.

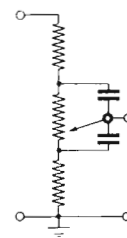



Fig. 8-C - In questa posizione si ha la massima esaltazione delle note alte.

nere elevata — in una forte attenuazione delle frequenze alte.

Per abbassare il più possibile la capacità dei collegamenti, è opportuno che questi siano il più possibile brevi, e schermati solo quando ciò è strettamente necessario. I collegamenti con cavo schermato presentano, infatti, come è facilmente intuibile, una forte capacità distribuita verso massa. Per quanto riguarda la capacità interelettrodica della valvola, occorre distinguere tra il caso dei pentodi ed il caso dei triodi.

Nei confronti dei pentodi, la capacità d'entrata è pari alla somma tra la capacità griglia controllo - catodo e la capacità griglia controllo - griglia schermo. Essa non è quindi influenzata dal circuito di placca, ed in particolare dalla sua impedenza. Con i triodi, invece, la capacità di ingresso è pari alla somma della capacità griglia - placca e griglia - catodo. La capacità totale che ne risulta è molto più elevata di quella dei pentodi, poichè la capacità griglia - placca, data la forte differenza di potenziale tra questi due elettrodi, è molto più alta di quella di griglia - griglia schermo. Inoltre, essa risulta proporzionale al coefficiente di amplificazione della valvola, e determina quindi forti perdite alle frequenze elevate nei triodi ad alto μ.

Per questa ragione, il primo stadio di amplificazione, faccia esso parte del circuito d'ingresso (preamplificatore) oppure degli stadi di amplificazione di tensione, è quasi sempre ottenuto mediante un pentodo, anzichè mediante un triodo. I successivi stadi di amplificazione sono invece provvisti quasi sempre di triodi, poichè l'impedenza di ingresso è, in questo caso, più bassa e di conseguenza, gli effetti della capacità interelettrodica della valvola sono meno gravi. Inoltre, i triodi presentano il vantaggio di una maggiore semplicità dei circuiti, e introducono un minor rumore.

CONTROLLO DI TONALITA'

I controlli di tono attualmente più diffusi vengono ottenuti — ripetiamo — con due circuiti separati, uno dei quali agisce solo sulle note basse, e l'altro solo sulle note alte. Alla **figura 8-A** è rappresentato un circuito per il controllo dei toni bassi, che consiste in un potenziometro *P*1 in serie a due resistenze *R*1 ed *R*2 ed in parallelo ai due condensatori *C*1 e *C*2 i quali formano, con due lati della resistenza variabile, un circuito a ponte. Le due resistenze fisse ed i due condensatori sono nello stesso rapporto fra di loro. Quando il cursore del potenziometro è nella posizione della figura 8-**B**, si ottiene la massima esaltazione delle frequenze basse, mentre nella posizione della figura 8-**C** si ottiene la massima attenuazione. Ciò è chiaro, se immaginiamo per un istante di trascurare l'effetto dei due condensatori: si ha allora un partitore di tensione interamente a resistenza dal quale si preleva un segnale massimo nel caso B e minimo nel caso nel caso C.

Effettivamente, i condensatori, dato il loro valore, non hanno nessuna azione sui toni bassi; la loro azione si limita a cortocircuitare verso massa i toni alti, in modo che questi non vengano influenzati dalla posizione del potenziometro *P*1.

Un circuito per il controllo dei toni alti è indicato alla **figura 9**. Anch'esso funziona come un normale partitore di tensione, la cui tensione di uscita viene prelevata sul cursore del potenziometro *P*2. Il condensatore *C*3, di capacità piuttosto bassa, ha lo scopo di impedire il passaggio delle frequenze basse, e quindi la posizione del cursore di *P*2 ha influenza, praticamente, solo sui toni più alti.

Unendo il circuito di figura 8-A con il circuito di figura 9 si ottiene il caso più classico di doppio controllo di tono, con regolazione separata degli alti e dei bassi. Esso viene utilizzato in moltissimi amplificatori, incorporato nello stadio di ingresso. Un esempio è stato riportato alla figura 5.

Oltre a questi circuiti di regolazione, ne esistono moltissimi altri, ma il principio di funzionamento è sempre il medesimo, essendo basato sull'effetto di partitori variabili di tensione che agiscono ad un solo estremo della gamma delle frequenze udibili. Un diverso tipo di controllo di tono è quello che si può ottenere nei circuiti di controreazione; questo sistema verrà preso in considerazione nella lezione dedicata particolarmente a quest'ultimo argomento.

LO STADIO FINALE

E' questo uno degli stadi più importanti negli amplificatori di Bassa Frequenza. Nel caso degli amplificatori di piccola potenza, inferiore a 5 watt, lo stadio finale è formato da una sola valvola amplificatrice di potenza. Questo è il tipo di stadio finale più diffuso nella

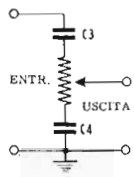



Fig. 9 - Controllo di tono per sole note basse. Agisce come un controllo di volume nei confronti delle sole frequenze inferiori ad un dato valore.

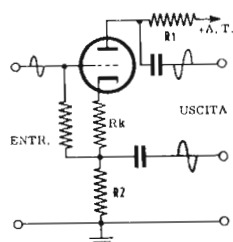



Fig .10 - Stadio invertitore di fase del tipo « catodina ». Il segnale viene prelevato contemporaneamente sulla placca e sul catodo.

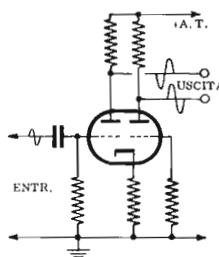



Fig. 11 - Stadio invertitore di fase a doppio triodo, con accoppiamento dovuto ad un catodo in comune. I segnali presenti sulle due placche sono sfasati di 180° tra loro.

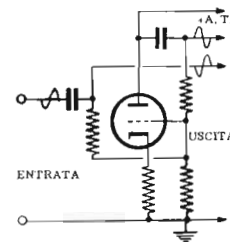



Fig. 12 - Stadio invertitore a triodo, del tipo anodico. La controreazione riduce il guadagno all'unità; le 2 uscite risultano sfasate e simmetriche.

sezione a Bassa Frequenza degli apparecchi radio, nelle valigette fonografiche, e nei registratori magnetici, specialmente se si tratta di apparecchi di serie.

Negli apparechi di alta classe invece, come pure nella maggior parte degli amplificatori di potenza, lo stadio finale è costituito da due valvole amplificatrici disposte in controfase. Si ottiene in tal modo una maggiore potenza di uscita, unita ad una minore distorsione. Già abbiamo visto, in una lezione precedente, che per il funzionamento di uno stadio amplificatore in controfase è necessario disporre del segnale di pilotaggio nella duplice posizione di fase (180° tra una fase e l'altra). Vediamo ora con quali metodi si possa pervenire a questa « inversione di fase ».

Circuiti invertitori di fase

Uno dei metodi più evidenti nella tecnica del funzionamento — che già abbiamo preso in considerazione precedentemente — consiste nell'impiego di un trasformatore sul cui primario si invia il segnale che si vuole spostare di fase di 180°. Il secondario è simmetrico, con la presa al centro, ed alle due prese estreme si ottengono quindi due segnali di eguale forma ed ampiezza, sfasati nell'angolo desiderato.

Tale sistema, in passato molto usato, è oggi in gran parte abbandonato, e vi si ricorre solo in quei casi nei quali si richiede una forte potenza di pilotaggio.

Si preferisce, per semplicità, economia e migliore curvi di risposta, usufruire di un altro sistema di inversione di fase, sistema che potremmo definire elettronico, ottenuto, in genere, mediante impiego di un triodo.

Tra gli invertitori elettronici, il più noto è, senza dubbio, il circuito così detto « catodina », di cui vediamo un esempio alla **figura 10**. Per comprendere il principio di funzionamento occorre ricordare, e il lettore dovrebbe ormai ben saperlo, che, in una valvola elettronica, il segnale che si ottiene sulla placca è in opposizione di fase rispetto a quello che si invia sulla griglia, mentre quello che si ottiene sul catodo è in fase con quello sulla griglia. Se inviamo quindi il segnale (che dovrà pilotare uno stadio in contrafase) sulla griglia di un triodo, otteniamo sulla placca e sul catodo due segnali invertiti di fase tra loro.

Ciò però non è sufficiente, in quanto detti segnali devono avere eguale ampiezza, se si vuole il funzionamento dello stadio successivo perfettamente simmetrico.

Per ottenere che anche questa condizione si verifichi, basta fare in modo che la resistenza di placca e la resistenza presente in serie al catodo siano eguali tra loro. In tal modo, poichè la corrente che le percorre è la medesima, essendo la stessa che percorre la valvola, anche le tensioni che si ottengono ai loro capi sono eguali tra loro.

Come si nota nella figura 10, in serie al catodo è presente un'altra resistenza, di valore minore, che però prende parte minimamente alla ripartizione del segnale. Si tratta della resistenza che determina la tensione di polarizzazione. Il suo valore è talmente basso rispetto a quello delle due resistenze di carico, che l'influenza esercitata sull'ampiezza dei due segnali eguali e simmetrici risulta trascurabile.

Un altro tipo di invertitore di fase elettronico è quello cosiddetto « per accoppiamento di catodo ». Un esempio classico è rappresentato alla **figura 11.** Tale circuito, oltre che da invertitore funziona anche da amplificatore, necessitando però, per il suo funzionamento, di un doppio triodo. Il segnale viene applicato alla griglia del primo triodo, mentre la griglia del secondo triodo è, praticamente, a massa. I segnali in opposizione di fase vengono prelevati, amplificati, sulle placche.

Vediamo ora come ciò sia possibile. Supponiamo di applicare alla griglia del primo triodo una semialternanza positiva: sulla placca del triodo stesso sarà presente una semialternanza, amplificata, negativa. Ciò perchè, come già detto, il segnale in placca è in opposizione di fase rispetto a quello di griglia. Contemporaneamente, sul catodo del primo triodo — e quindi anche su quello del secondo, dato che usufruiscono di una resistenza comune — si ottiene una semialternanza in fase con quella di griglia, ossia positiva.

Il secondo triodo funziona come amplificatore con griglia a massa, e quindi il segnale viene applicato sul catodo. Uno stadio di questo tipo, sul cui catodo venga applicata una semialternanza positiva, si comporta come uno stadio di tipo normale sulla cui griglia viene applicata una semialternanza negativa, Infatti, rendere più positivo il catodo è, a tutti gli effetti, come rendere più negativa la griglia. In conseguenza di ciò, sulla placca del secondo triodo si ottiene un segnale costituito da una semialternanza contraria a quella equivalente di griglia, ossia positiva. L'amplificazione introdotta da questo secondo triodo è eguale a quella

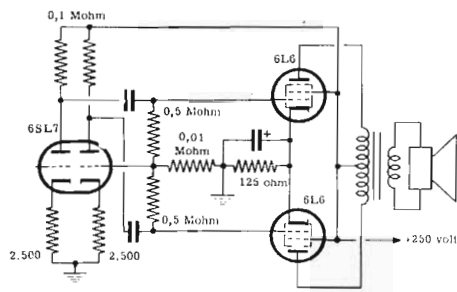



Fig. 13 - Amplificatore finale di potenza, funzionante in classe A1, con stadio pilota a doppio triodo. La griglia del secondo triodo riceve una parte del segnale di placca del primo, ridotta tenendo conto dell'amplificazione che il triodo stesso introdurrà. In tal modo i due segnali per le griglie delle 6L6 sono eguali e sfasati.

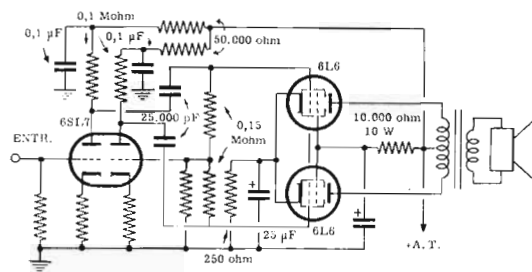



Fig. 14 - Amplificatore finale di potenza, funzionante in classe AB1, con stadio pilota analogo al precedente. Consente una maggiore potenza di uscita, grazie alla più elevata tensione anodica. Lo stadio pilota e le griglie schermo delle valvole finali, sono opportunamente disaccoppiati nel circuito di alimentazione.

del primo, essendo identiche le condizioni di lavoro.

Otteniamo pertanto, sulle placche dei due triodi, segnali di eguale ampiezza ed in opposizione di fase.

Un terzo circuito invertitore di fase, che si incontra frequentemente negli amplificatori, è quello indicato alla **figura 12**. Esso viene denominato « invertitore anodico », poichè il segnale sfasato di 180° viene prelevato sulla placca del triodo invertitore. Il suo principio di funzionamento è il seguente: uno dei segnali viene prelevato direttamente, così come entra nel circuito, (via diretta) mentre l'altro viene prelevato, invertito di fase, sulla placca di un triodo alla cui griglia viene applicato il segnale diretto. In sostanza, i due segnali in opposizione di fase vengono prelevati l'uno sulla griglia e l'altro sulla placca di un medesimo triodo, e sono quindi sfasati tra di loro di 180°.

Potrebbe sembrare che, poichè il triodo introduce una certa amplificazione, i segnali siano sì in opposizione di fase, ma non abbiano la stessa ampiezza. Viceversa, dato che in questo circuito è presente una controreazione che, come sappiamo, riduce il coefficiente di amplificazione dello stadio, è possibile determinare in modo opportuno i componenti, ed in particolare la resistenza in serie al condensatore di accoppiamento, in modo che il guadagno si riduca ad 1, ossia che non si ottenga amplificazione.

Stadi finali in controfase

Gli amplificatori audio devono fornire una potenza considerevole con una bassa percentuale di distorsione. Questi due fattori sono tra loro contrastanti poichè, in uno stadio amplificatore, la distorsione normalmente aumenta con l'aumentare della potenza erogata. La distorsione può essere ridotta notevolmente — come sappiamo — impiegando stadi finali in controfase. Ciò per le due ragioni che qui ricapitoliamo:

1) la potenza totale erogata da due valvole collegate in controfase è superiore al doppio della potenza ottenibile da una sola valvola dello stesso tipo. Si può quindi far funzionare le due valvole in condizioni di lavoro migliori di quelle corrispondenti alla massima potenza ottenibile.
2) A parità di condizioni di lavoro, la distorsione introdotta da uno stadio finale in controfase è inferiore di circa 5 volte a quella introdotta da uno stadio finale singolo. Supponiamo, ad esempio, che una valvola finale possa fornire, da sola, una potenza massima di 5 watt, con una distorsione del 10%. Utilizzando due valvole dello stesso tipo, disposte in controfase, si può ottenere facilmente una potenza tripla, ossia di circa 15 watt, con una percentuale di distorsione dell'ordine del 2%.

Consideriamo ora i diversi vantaggi degli stadi amplificatori di potenza in controfase, esaminando particolarmente i motivi tecnici che li determinano.

La potenza di uscita superiore al doppio di uno stadio finale ad una sola valvola si ottiene per il fatto che è possibile lavorare con tensioni di segnale, applicate alla griglia controllo, notevolmente superiori alle massime consentite per poter lavorare nel tratto lineare della caratteristica delle valvole. Gli stadi in controfase funzionano infatti, in generale, in classe *AB*.

La minore distorsione è dovuta al fatto che, nel trasformatore di uscita, i segnali provenienti dalle due valvole si sommano in modo tale che, dato il loro sfasamento, la distorsione dell'uno viene compensata da quella dell'altro. Inoltre, la risposta di un amplificatore in controfase alle frequenze basse risulta notevolmente migliore che non quella di un amplificatore ad una sola valvola. In questo caso — infatti — le componenti continue delle correnti anodiche delle valvole circolano — come sappiamo — in senso opposto tra loro, e quindi i due flussi magnetici si annullano reciprocamente. Il nucleo del trasformatore d'uscita lavora, perciò, in condizioni lontane da quelle di saturazione. La induttanza primaria risulta elevata, e ciò significa — come è noto — che la risposta si estende maggiormente dal lato delle frequenze basse.

Il ronzio a 100 Hz (derivante dalla frequenza rete) determina una interferenza particolarmente sgradevole nel segnale di uscita. La componente alternata ancora presente nella tensione anodica causa meno ronzio negli amplificatori in controfase che non negli amplificatori ad una sola valvola. Le due valvole vengono infatti alimentate dalla medesima tensione continua, applicata alla presa centrale del primario del trasformatore di uscita. La magnetizzazione determinata da queste alternanze parassite si manifesta nelle due sezioni dell'avvolgimento primario in senso opposto, così che la risultante ne è nulla, e nel secondario non si ha alcuna traccia della componente alternata di ronzio.

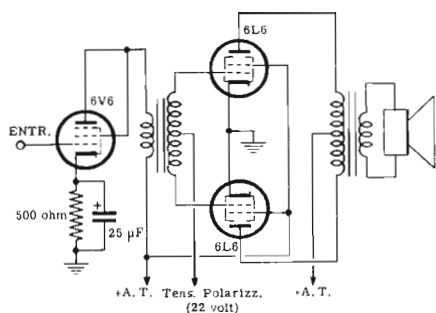



Fig. 15 - Stadio finale funzionante in classe AB2, con stadio pilota costituito da una valvola di potenza. L'accoppiamento deve essere a trasformatore. Consente elevata potenza di uscita.

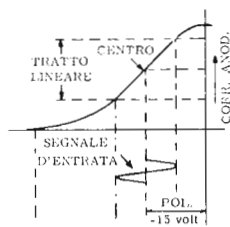



Fig. 16 - A - Funzionamento di uno stadio finale in classe A1 (minima polarizzazione e minima potenza).

Fig. 16 - B - Funzionamento in classe AB1: la polarizzazione, e la potenza ottenibile, hanno valori medi.

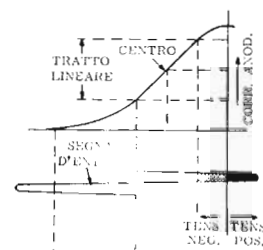



Fig. 16 - C - Nel funzionamento in classe AB2, si ha la massima potenza con la massima polarizzazione di griglia.

Classi di amplificazione in controfase

Sebbene questo argomento sia già stato elaborato, non è male riesaminarlo succintamente nei confronti della amplificazione finale in Bassa Frequenza.

Le classi di funzionamento più comuni negli stadi in controfase sono la classe *A* e la classe *AB*. Ricordiamo ancora che la differenza essenziale tra esse sta nel fatto che, mentre il segnale applicato all'ingresso degli stadi in classe *A* è tale da non superare il tratto rettilineo delle caratteristiche delle valvole, quello applicato all'ingresso degli stadi in classe *AB* può anche superare tali limiti. La classe *AB* si divide, a sua volta, in *AB*1 ed *AB*2. Nella prima il segnale non rende mai la griglia positiva, mentre ciò avviene nella seconda.

La scelta tra queste classi di amplificazione viene determinata soprattutto in base alla potenza di uscita richiesta, ed alla percentuale di distorsione consentita. Ad esempio, utilizzando due valvole 6L6 in classe *A*, si può ottenere una potenza di uscita dell'ordine di 15 watt. Utilizzando invece le stesse valvole in classe *AB*1, tale potenza può salire fino a 30 watt. In classe *AB*2 la potenza può aumentare ancora, giungendo ai 50 watt. La percentuale di distorsione aumenta però anch'essa, nello stesso ordine.

Come abbiamo detto, la differenza essenziale tra le diverse classi di amplificazione in controfase è determinata dalle diverse ampiezze dei segnali di ingresso. Tuttavia, per ragioni tecniche che ora illustreremo, si utilizzano anche diverse polarizzazioni di griglia e diverse tensioni di placca e di griglia schermo. Le **figure 13, 14 e 15** rappresentano i tre tipi di circuiti di amplificazione, nel caso in cui le valvole finali siano due 6L6. La **figura 16 - A, B e C** indica invece il punto di lavoro e l'ampiezza dei segnali di ingresso nel caso dei tre circuiti anzidetti. Come si può notare, nella classe A la tensione di griglia è di —15 V, ossia è tale da determinare un punto di lavoro della valvola esattamente centrale rispetto al tratto rettilineo della curva caratteristica. Inoltre, l'ampiezza del segnale che si applica all'ingresso è tale da non superare il tratto rettilineo. In tali condizioni, esiste una parte della corrente di placca che non viene mai modulata. Si tratta della corrente al di sotto del valore I_m, ossia della corrente che corrisponde alle tensioni di griglia inferiori a —22 volt.

L'amplificazione in classe **A** consente un'uscita con distorsione molto bassa. La potenza di uscita non è però molto elevata, dato che, come abbiamo visto, solo una parte della corrente anodica viene modulata dal segnale. Il rendimento di tale stadio non è quindi elevato, poichè la corrente di fondo, al di sotto del valore I_m, si deve considerare completamente inutilizzata. Alla figura 13, possiamo notare anche che il valore della tensione di griglia schermo è, nel caso della classe A, eguale a quello della tensione di placca.

Nel caso della classe AB1 invece, dato che la tensione anodica viene aumentata di oltre 100 V, onde evitare una corrente di placca troppo elevata, che farebbe entrare in saturazione la valvola già a tensioni di griglia controllo basse, si introduce una resistenza che abbassa la tensione della griglia schermo di un centinaio di volt. In questo modo si evita il determinarsi di una forte corrente di griglia schermo. Un'altra differenza notevole tra la classe *AB*1 e la classe *A*, è data dalla presenza di una diversa resistenza di catodo. Essa sale infatti dai 125 ohm della classe *A* a 250 della classe *AB*1, determinando in tal modo una polarizzazione base più negativa.

La ragione di ciò non è che una conseguenza dell'applicazione, all'ingresso, di un segnale di ampiezza maggiore. Infatti, come già accennato, nella classe *AB*1 il segnale di ingresso, pur potendo uscire dal tratto rettilineo della caratteristica, non deve mai rendere positiva la griglia controllo. L'ampiezza massima, da picco a picco, del segnale che si può applicare alla griglia, senza che questa diventi positiva, è pari al doppio della tensione base di polarizzazione. Nel caso della figura 16-B, dato che la polarizzazione per la classe *AB*1 ammonta a —22 volt, tale tensione è di 44 volt picco a picco.

Con uno stadio in controfase in classe *AB*1 la distorsione è maggiore che non nel caso di uno stadio in controfase in classe *A*. Comunque, le distorsioni dei segnali provenienti dalle due valvole si annullano a vicenda e quindi, complessivamente, si ha una percentuale di distorsione inferiore al 3%.

Il funzionamento della classe *AB*2 è nettamente diverso da entrambi i precedenti. La sua caratteristica essenziale è, come si può notare alla figura 16-C, la presenza di un segnale di ingresso molto ampio, e tale da rendere la griglia positiva, durante i picchi dei suoi semiperiodi positivi. In conseguenza di ciò, durante un certo intervallo di tempo, si ha la presenza di una corren-

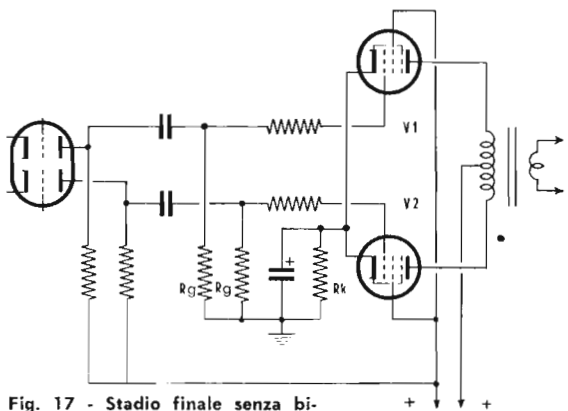



Fig. 17 - Stadio finale senza bilanciamento tra V_1 e V_2. Uno squilibrio tra le correnti provoca distorsioni.

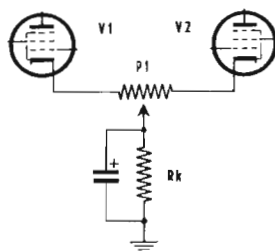



Fig. 18 - Metodo per bilanciare le correnti anodiche del circuito di fig. 17, compensando così eventuali differenze nelle caratteristiche delle valvole.

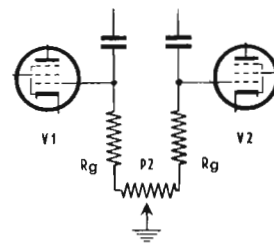



Fig. 19 - Metodo per bilanciare i due segnali di ingresso (schema di fig. 17) di un amplificatore in controfase, che completa il bilanciamento delle correnti anodiche.

te di griglia. Dato che la presenza di una corrente nel circuito di griglia controllo significa che si ha in esso una certa dissipazione di potenza, occorre che gli stadi in classe *AB*2 vengano pilotati da una valvola di potenza. Nel caso di figura 15, tale valvola (6V6) può fornire, anche collegata a triodo, circa 2 watt.

Un'altra caratteristica importante è che, non esistendo sistemi che permettono, a potenze così elevate, un'inversione di fase di tipo elettronico, si ricorre in genere all'inversione a trasformatore. La polarizzazione di griglia, inoltre, viene ottenuta generalmente applicando su di essa una tensione negativa rispetto a massa, appositamente ricavata dallo stadio di alimentazione. Si tratta di un sistema di polarizzazione fissa a suo tempo studiato. La tensione di polarizzazione è, anche in questo caso, scelta in modo da permettere la massima ampiezza del segnale applicato alla griglia. Nel caso illustrato alle figure 15 e 16, essa è di —22 volt. Una tensione ancora più negativa non sarebbe vantaggiosa poichè durante i semiperiodi negativi, il segnale bloccherebbe completamente la valvola; si avrebbe, oltre che una forte distorsione, una diminuzione della potenza di uscita.

Bilanciamento degli stadi finali in controfase

Prendiamo in considerazione lo schema di **figura 17**. Esso rappresenta un caso tipico di stadio amplificatore finale in controfase, impiegante due valvole EL84, precedute da un triodo invertitore di fase. Per ottenere lo optimum delle prestazioni, è necessario prendere alcune precauzioni sia nella scelta dei componenti da impiegare, che nella progettazione del circuito. E' infatti facile comprendere come, nel circuito in controfase, le due valvole finali debbano funzionare, per poter dare buoni risultati, in modo del tutto simmetrico.

Anche supponendo che le due EL84 siano perfettamente eguali come caratteristiche interne, una dissimmetria può nascere sia da una diversità delle resistenze di griglia che da un funzionamento non perfettamente simmetrico dello stadio invertitore. Per evitare il verificarsi di tali circostanze, si ricorre a dispositivi a potenziometro, atti ad ottenere un perfetto bilanciamento.

Supponiamo dapprima che, essendo lievemente diverse fra loro le caratteristiche di funzionamento delle due valvole finali, le correnti di placca (e di catodo) di tali valvole siano, in assenza di segnale di griglia, diverse tra loro. Si sostituisce allora la resistenza di catodo, comune alle due valvole, con una resistenza fissa ed un potenziometro, disposti secondo quanto indicato alla **figura 18**. Il potenziometro *P*1 deve avere un valore molto basso (di circa 20 ohm), in modo che si possa lasciare invariato il valore di R_K. Per ottenere l'effetto di bilanciamento è sufficiente spostare il cursore del potenziometro verso la valvola percorsa da corrente minore. In tal modo, la resistenza di catodo diminuirà, aumentando così la corrente, mentre la resistenza di catodo dell'altra valvola contemporaneamente aumenterà, determinando in essa un minore flusso di corrente. Disponendo due milliamperometri in serie alle due valvole, è facile regolare il cursore sino ad ottenere che la corrente sia eguale.

Col metodo precedente si perviene ad equilibrare lo stadio, posto però che la tensione dei segnali in opposizione di fase sia eguale. Se ciò non si verifica, occorre introdurre un altro dispositivo per equilibrare i segnali all'ingresso. A questo scopo, il circuito di griglia va modificato come alla **figura 19**. Anche qui il valore del potenziometro non deve essere molto alto, rispetto alle resistenze *Rg*. Il suo valore migliore è di circa 1/10 di *Rg*.

Supponiamo che il segnale presente sulla griglia di *V*1 sia più elevato. Basta allora spostare il cursore del potenziometro verso tale valvola. In tal modo la resistenza di griglia diminuisce, e quindi la percentuale di segnale che si preleva dal partitore costituito dal condensatore di accoppiamento e dalla resistenza stessa, diminuisce. Contemporaneamente, aumenta la resistenza di griglia di *V*2, e con essa il segnale applicato a tale valvola. Anche qui si tratta di regolare la posizione del cursore del potenziometro fino a che le due tensioni di segnale siano eguali. Naturalmente, per poter effettuare questa regolazione, occorre che all'ingresso dell'amplificatore venga applicato un qualunque segnale a Bassa Frequenza, ottenuto da un generatore adeguato. Tale generatore può essere tanto del tipo descritto alla lezione 107ª, quanto del tipo già visto, a tensioni calibrate. Per la regolazione del potenziometro nel circuito di catodo, non si deve applicare all'ingresso dell'amplificatore alcun segnale, poichè si tratta di regolare le correnti di riposo delle due valvole finali.

COSTRUZIONE di un GENERATORE di BASSA FREQUENZA

Iª PARTE: DESCRIZIONE e COSTRUZIONE

Allorchè ci siamo occupati dei vari circuiti adatti alla produzione di oscillazioni di Bassa Frequenza (pagina 535), abbiamo visto che — a parte la diversità dei valori in gioco — è possibile produrre dette oscillazioni con i medesimi circuiti con i quali si producono oscillazioni ad Alta Frequenza. Abbiamo inoltre esaminato, sommariamente, il funzionamento del circuito oscillatore a « ponte di Wien », mediante il quale si ha un funzionamento su una gamma di frequenze molto ampia, e tale che, assegnando determinati valori ai componenti *R* e *C*, è possibile ottenere un rapporto elevato tra le frequenze dell'estremo superiore e quelle dell'estremo inferiore di ogni gamma.

Il circuito ora citato è risultato suscettibile di diverse modifiche, mediante le quali si è riusciti a realizzare tipi diversi di oscillatori di Bassa Frequenza, in ogni caso, senza ricorrere all'impiego di induttanze nel circuito stesso.

E' stata citata l'importanza dell'inclusione nel circuito di una particolare resistenza (in pratica il filamento di una lampadina), il cui compito, grazie alla variazione di resistenza del filamento al variare dell'intensità della corrente che lo percorre, consiste nel mantenere uniforme l'ampiezza del segnale prodotto, al variare della frequenza.

Come si è testè detto, esistono vari tipi di circuiti del genere « ponte di Wien », la maggior parte dei quali consente l'esplorazione di diverse gamme (con rapporto tra i valori estremi di ciascuna di esse generalmente pari a 10); le gamme possono venire di volta in volta inserite mediante un commutatore. L'esplorazione di solito è compiuta mediante un doppio condensatore variabile, analogo a quelli che si usano nei circuiti supereterodina per la sintonia e per la conversione di frequenza, oppure mediante un doppio potenziometro. Entrambi i sistemi hanno il vantaggio di consentire l'esplorazione della gamma senza soluzione di continuità, in quanto, ruotando semplicemente la manopola di comando del condensatore variabile, o del potenziometro, opportunamente demoltiplicata, è possibile ottenere qualsiasi frequenza entro la gamma. Si presenta, tuttavia, un inconveniente, dovuto alla difficoltà di lettura. Infatti, dal momento che la lettura viene eseguita su di un unico quadrante graduato — mediante un indice che viene fatto corrispondere alla frequenza voluta — sia per inevitabili inesattezze di carattere meccanico, sia per il noto errore di parallasse, è sempre probabile che la frequenza indicata dall'indice differisca dalla frequenza effettiva per una elevata percentuale. Se a ciò si aggiunge il fatto che i valori riportati sul quadrante sono anch'essi subordinati ad una percentuale di errore, l'errore totale risultante sulla frequenza di lettura è spesso maggiore del previsto.

Nel circuito che qui presentiamo — come vedremo tra breve più dettagliatamente — questo inconveniente è stato eliminato in quanto la sintonia, ossia la scelta della frequenza, viene effettuata esclusivamente mediante commutatori. Nonostante ciò, è da notare che, concettualmente, questo generatore è analogo agli altri tipi, in quanto l'alimentazione, l'amplificazione, l'attenuazione del segnale prodotto, e gli attacchi di uscita, sono pressochè convenzionali.

Le prestazioni sono tali da assicurare una stabilità ed una precisione più che sufficienti per le normali esigenze di laboratorio, e precisamente per la messa a punto di stadi di amplificazione di Bassa Frequenza, nonchè per il rilevamento delle curve di risposta sia di singoli stadi, che di tutto un complesso di amplificazione.

Come si noterà nel testo relativo all'impiego di questo strumento, esso è di notevole semplicità. Mediante la rotazione di due sole manopole è possibile ottenere qualsiasi valore della frequenza del segnale, compreso entro i limiti della gamma disponibile. Inoltre, la presenza di un attenuatore tarato e di uno strumento di lettura diretta dell'ampiezza del segnale di uscita, consente il rilievo della curva di responso col metodo detto « per punti ».

Con l'aiuto di un semplice distorsiometro, che — come vedremo — può essere facilmente autocostruito, è possibile anche effettuare misure di distorsione.

Caratteristiche generali

Gamma di frequenze	da 10 a 100.000 Hz.
Controllo di frequenza	Mediante commutatori, con i quali è possibile stabilire le prime due cifre significative del valore di frequenza desiderato, ed un fattore di moltiplicazione.
Precisione di frequenza	± 5%
Gamma di tensioni di uscita	Da 0 a 10 volt (alta impedenza, 10 kohm min.) Da 0 a 3 volt (alta impedenza, 10 kohm min.) Da 0 a 1 volt Da 0 a 0,3 volt Da 0 a 0,1 volt Da 0 a 0,03 volt Da 0 a 0,01 volt Da 0 a 0,003 volt (da 0 a 1 volt fino a 0,003 volt: Su carico di 600 ohm circa)
Impedenza della sorgente	Gamma 0-10 volt: tra 0 e 1.000 ohm Gamma 0-3 volt: tra 800 e 1.000 ohm Gamma 0-1 volt: 600 ohm (con carico esterno) e 290 ohm (con carico interno)
Gamma in dB	Da —60 dB a + 22 dB (da —10 a + 2 sullo strumento, da —50 a + 20 sull'attenuatore, con scatti di 10 dB).
Gamme dei dBm (600 ohm con carico esterno)	Da —60 a +2 dBm (0 dBm = 1 mW su carico di 600 ohm).
Indicazione di uscita	Tensione e dB, mediante strumento.
Precisione dello strumento	± 5% sulla scala, se adeguatamente tarato.
Distorsione	Inferiore allo 0,1% da 20 a 20.000 Hz.
Valvole	6X4, 6AU6 e 6CL6.
Alimentazione	105 - 125 volt, 50 Hz, 40 watt.
Dimensioni	cm 24x16,5x12,5.
Peso	kg 3,5 circa.

Il generatore di Bassa Frequenza AG - 9A è versatile e di facile impiego. Sebbene di concezione semplice e di facile realizzazione, lo strumento, se montato con cura, consente un funzionamento che soddisfa la maggior parte delle esigenze di laboratorio. La gamma delle frequenze è ampia e la tensione di uscita controllata, a bassa distorsione, copre praticamente tutti i valori normalmente impiegati nel campo dell'amplificazione di Bassa Frequenza.

L'apparecchio è alloggiato in un involucro di metallo comodo e leggero, e l'estetica è conforme a quella normale delle apparecchiature da laboratorio.

Sebbene il progetto di questo apparecchio sia stato effettuato in modo da garantire il miglior risultato, quest'ultimo potrà essere conseguito solo a patto che si adottino tutti i provvedimenti necessari — ed in gran parte già noti al lettore — affinchè il montaggio venga effettutato razionalmente. Sappiamo già che la mancanza di cura nell'effettuare le saldature, l'impiego di sostanze per saldare di natura corrosiva, il montaggio affrettato e poco preciso, possono essere cause di cattivi risultati. Per questo motivo è raccomandabile effettuare il lavoro, anche se semplice, come sempre con la massima calma e con la massima precisione possibile.

DESCRIZIONE DEL CIRCUITO

Come si nota osservando la **figura 1**, il circuito può essere suddiviso in quattro parti: l'alimentatore, l'oscillatore, l'attenuatore, e lo strumento di controllo della tensione di uscita.

L'alimentatore impiega un normale trasformatore con rettificazione delle due semionde, seguito da una cellula filtrante di tipo *LC*, consistente in due condensatori ed in una impedenza.

L'oscillatore propriamente detto impiega una valvola 6AU6 (pentodo) amplificatrice di tensione, ed una valvola del tipo 6CL6 usata con uscita di catodo.

La reazione positiva tra la 6CL6 e la 6AU6 (catodo) viene ottenuta attraverso una lampada a filamento di tungsteno, del tipo comune per illuminazione.

La controreazione è invece applicata dalla 6CL6 alla griglia della 6AU6 attraverso un circuito di accordo. La frequenza di oscillazione ha un valore corrispondente a quello determinato da detto circuito di accordo, e si verifica quando l'attenuazione del segnale dovuta alla controreazione è minima, e quando lo spostamento di fase è pari a zero, come illustrato alla **figura 2**.

Il circuito precedentemente citato consiste in una rete del tipo a « T », con una capacità in parallelo (vedi **figura 3**). La frequenza delle oscillazioni prodotte è data da:

$$f = \frac{1}{2 \pi RC}$$

nella quale $C = \sqrt{C1 \times C2}$.

L'ampiezza dell'oscillazione è mantenuta — vedremo ora come — ad un valore pressochè costante, grazie, ripetiamo, alla presenza della lampada a filamento a tungsteno. La controreazione, o reazione negativa, viene applicata attraverso un divisore di tensione consistente nella lampada stessa e nel controllo potenziometrico dell'oscillatore. Un eventuale aumento di ampiezza del segnale d'uscita aumenta la corrente che passa attraverso la lampada, e — di conseguenza — ne aumenta la temperatura, e quindi la resistenza. Ciò riduce automaticamente l'ammontare della reazione applicata al catodo della 6AU6, e quindi l'ampiezza del segnale di uscita risultante.

In tal modo si ottiene una stabilizzazione automatica delle condizioni di funzionamento. Il controllo dell'oscillatore serve — a sua volta — per stabilire il livello di uscita normale.

Il circuito di accordo consiste essenzialmente in due resistenze e due condensatori. Dalla formula citata, appare evidente che qualsiasi diminuzione delle capacità di un fattore pari a 10, aumenta la frequenza del medesimo fattore. Dal momento che i valori C1 e C2 sono

VALORI di C

MOLTIPLIC.	C_1	C_2
X1	0,05	0,5
X10	0,005	0,05
X100	500	0,005
X1000	47	500

VALORI di R

QUADR.	R_1	QUADR.	R_1	QUADR.	R_2	QUADR.	R_2
10	100K	60	16,7K	1	1 Meg.	6	163K
20	50K	70	14,3K	2	510K	7	139K
30	33,3K	80	12,5K	3	330K	8	122K
40	25K	90	11,1K	4	240K	9	109K
50	20K	100	10,0K	5	194K	10	98K

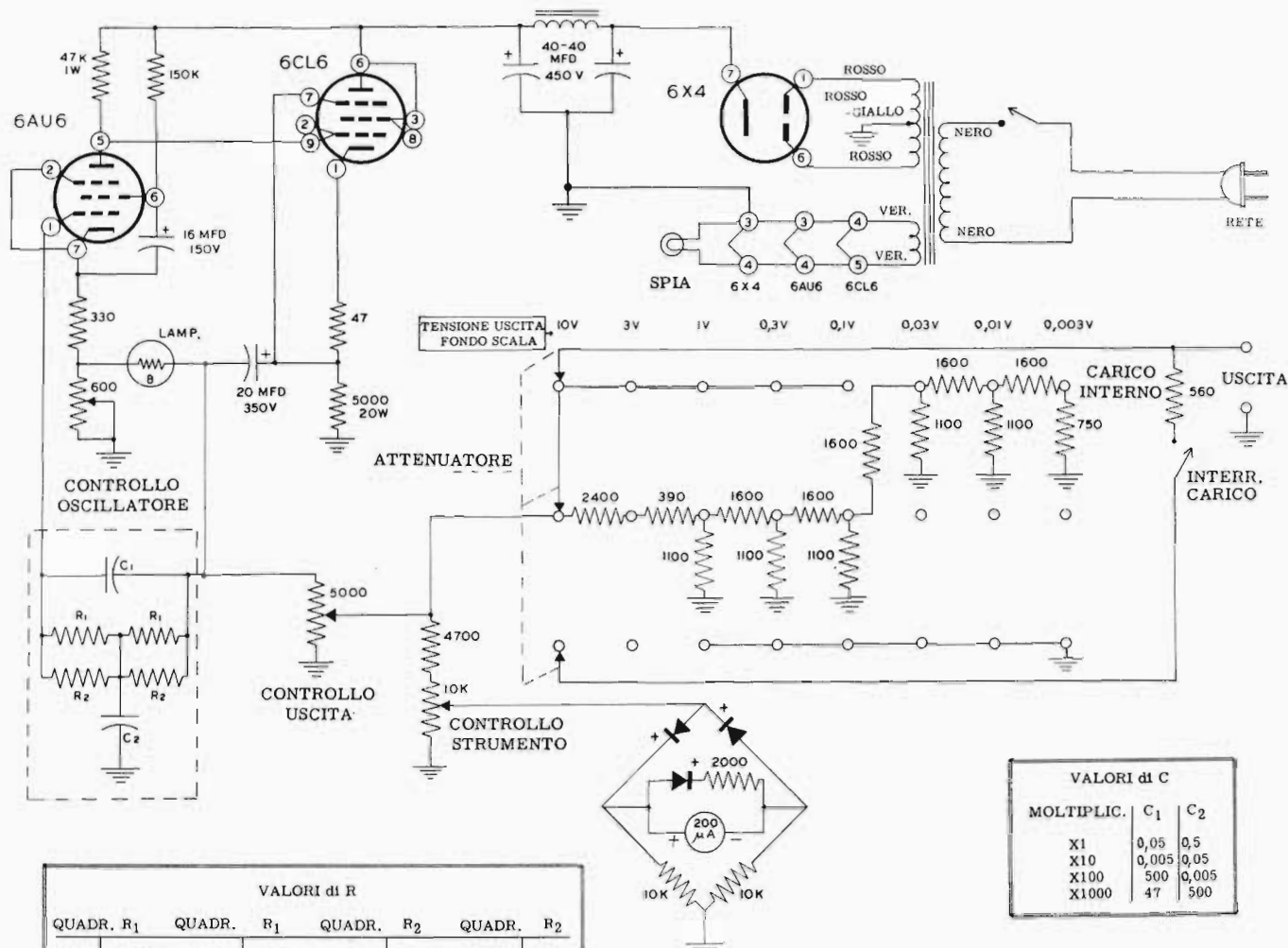



Fig. 1 - Circuito elettrico del generatore di segnali di Bassa Frequenza mod. AG-9-A. I valori R1, di R2 e di C1, corrispondenti alle diverse frequenze, sono elencati nelle apposite tabelle riportate a sinistra e sopra.

stati scelti con un rapporto di 1 a 10, con cinque soli condensatori è possibile ottenere le medesime prestazioni che si ottengono con quattro coppie, ossia con otto condensatori. L'intera gamma di frequenze resta suddivisa in quattro sottogamme con rapporto 10.

Fig. 2 - Rappresentazione delle relazioni che intercorrono tra il segnale di oscillazione (in basso), e quello di controreazione applicato.

Per ottenere la variazione di frequenza in ciascuna delle gamme, semplicemente commutate dall'apposito commutatore (moltiplicatore), si fa variare il valore di *R*. Ad esempio, allorchè il moltiplicatore viene posto sulla posizione « x 1 », un valore di *R* pari a 100 kohm produrrà una frequenza di 10 Hz. Dal momento che *f* ed *R* sono inversamente proporzionali, per produrre una frequenza pari a 20 Hz, ossia pari al doppio della frequenza precedente, sarà necessaria una resistenza pari alla metà di quella occorrente per una frequenza di 10 Hz, ossia 50 kohm. Analogamente, per una frequenza di 30 Hz, (pari al triplo), la resistenza necessaria sarà pari ad ⅓, ossia 33,3 kohm.

Fig. 3 - Rappresentazione del circuito equivalente della rete a « T », costituita da R1, R2, C1 e C2. La commutazione delle sesistenze varia la frequenza entro le gamme, quella delle capacità varia le diverse gamme.

Per la gamma di frequenze comprese tra 0 e 100 Hz, si richiede un commutatore a due settori, ognuno dei quali commuta quattro resistenze, come segue: 100 kohm; 50 kohm; 33,3 kohm; 25 kohm; 100 kohm e 25

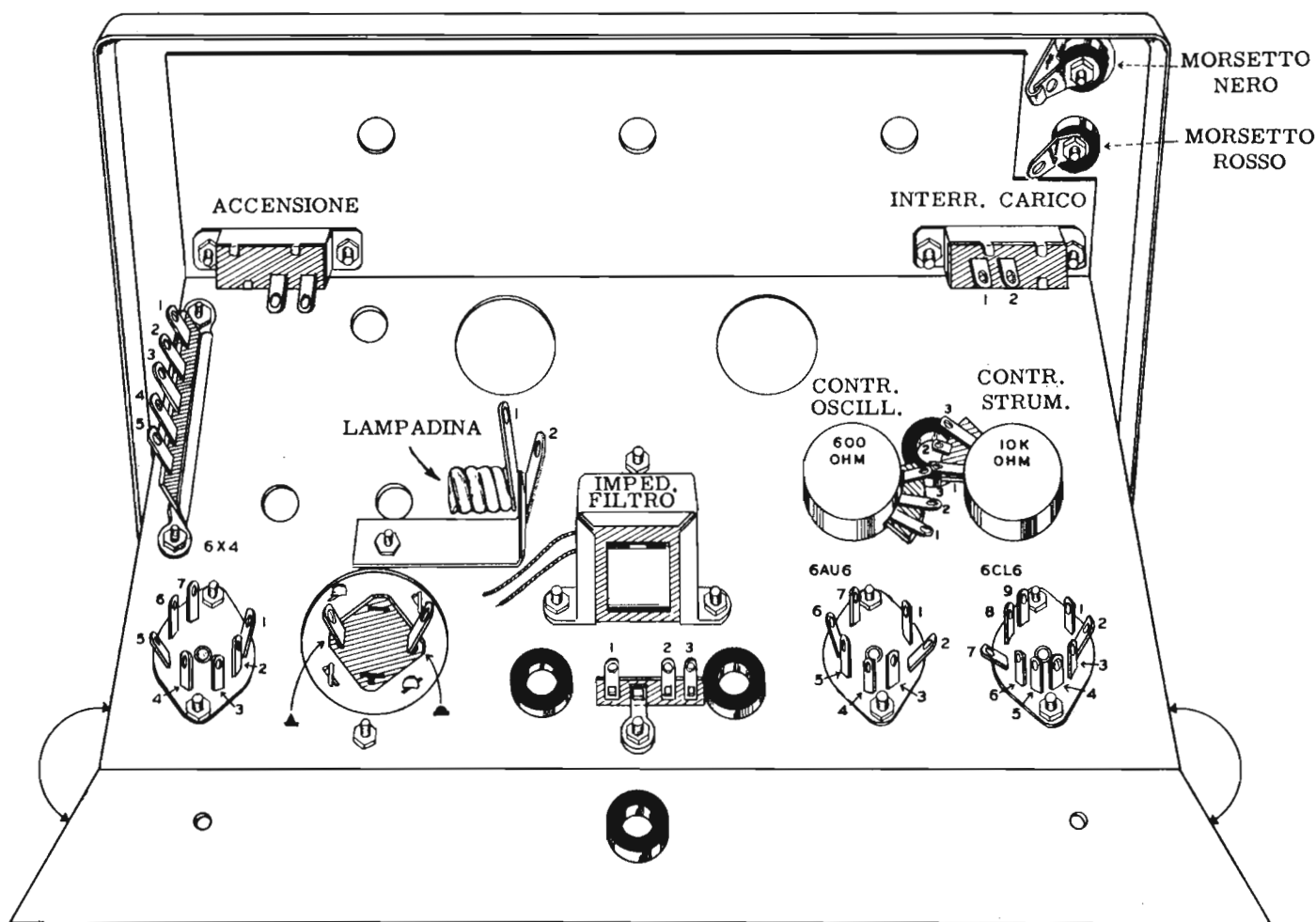



Fig. 4 - Vista inferiore del telaio, dopo il montaggio meccanico e prima dell'inizio del collegamenti. Si notino le posizioni dei due interruttori di (accensione e di carico interno) applicati al pannello frontale, il colore dei due morsetti di uscita (in alto a destra), l'orientamento degli zoccoli porta-valvola, ed il supporto per la lampada a filamenti di tungsteno. La disposizione non può essere variata, per non compromettere il cablaggio.

kohm (in parallelo tra loro) = 20 kohm; 50 kohm in parallelo a 25 kohm = 16,7 kohm; 33,3 kohm in parallelo a 25 kohm = 12,5 kohm; 100 kohm in parallelo a 33,3 kohm ed a 25 kohm = 12,5 kohm; 50 kohm in parallelo a 33,3 kohm, ed a 25 kohm = 11,1 kohm; 100 kohm in parallelo a 50 kohm, a 33,3 kohm ed a 25 kohm = 10 kohm.

Questi valori di resistenza producono frequenze comprese tra 10 e 100 Hz, in scatti di 10. Come si nota, alcuni valori di resistenza vengono ottenuti con resistenze singole, altri collegandone in parallelo due di quelle già disponibili, altri collegandone tre o anche quattro in parallelo tra loro.

Le variazioni di frequenza entro i limiti di 10 Hz vengono prodotte mediante un apposito commutatore. In questo caso si adotta il medesimo provvedimento, ed il circuito è analogo a quello precedente. Il valore delle resistenze impiegate è però 10 volte maggiore. Questi valori di resistenza sono collegati in parallelo al primo commutatore, e determinano l'aumento di 1 Hz per ogni scatto.

L'attenuatore riduce la tensione del segnale di uscita proveniente dall'accoppiamento catodico della 6CL6, attraverso un controllo potenziometrico da 5 kohm, e, successivamente, attraverso un attenuatore a scatti. Detto attenuatore è predisposto per il funzionamento con una impedenza d'uscita di 600 ohm, fino ad 1 volt, e con impedenza maggiore nelle posizioni corrispondenti a 3 e a 10 volt.

Le posizioni relative all'impedenza di uscita di 600 ohm possono corrispondere ad un carico incorporato per il funzionamento ad alta impedenza; questo carico, può essere escluso allorchè si usa un carico esterno di 600 ohm. Nelle posizioni corrispondenti a tensioni massime di uscita, rispettivamente di 3 e di 10 volt, il carico interno viene automaticamente escluso. L'attenuatore funziona con scatti di 10 dB.

Lo strumento di controllo misura il segnale presente, direttamente ai capi del circuito che fornisce la tensione di uscita, attraverso un partitore di taratura. Una parte di questa tensione, determinata dal controllo dello strumento, viene rettificata mediante diodi a cristallo. La non linearità dei diodi in corrispondenza di segnali a basso livello, è compensata dalla presenza di un terzo diodo collegato ai capi dello strumento.

Sul quadrante di quest'ultimo vi sono tre scale, aventi i seguenti valori estremi: 0 — 10 volt, 0 — 3 volt e — 10 + 2 dB. Quando il generatore è usato con un carico adeguato applicato in uscita, sia lo strumento che l'attenuatore indicheranno il livello del segnale effettivamente disponibile ai morsetti d'uscita.

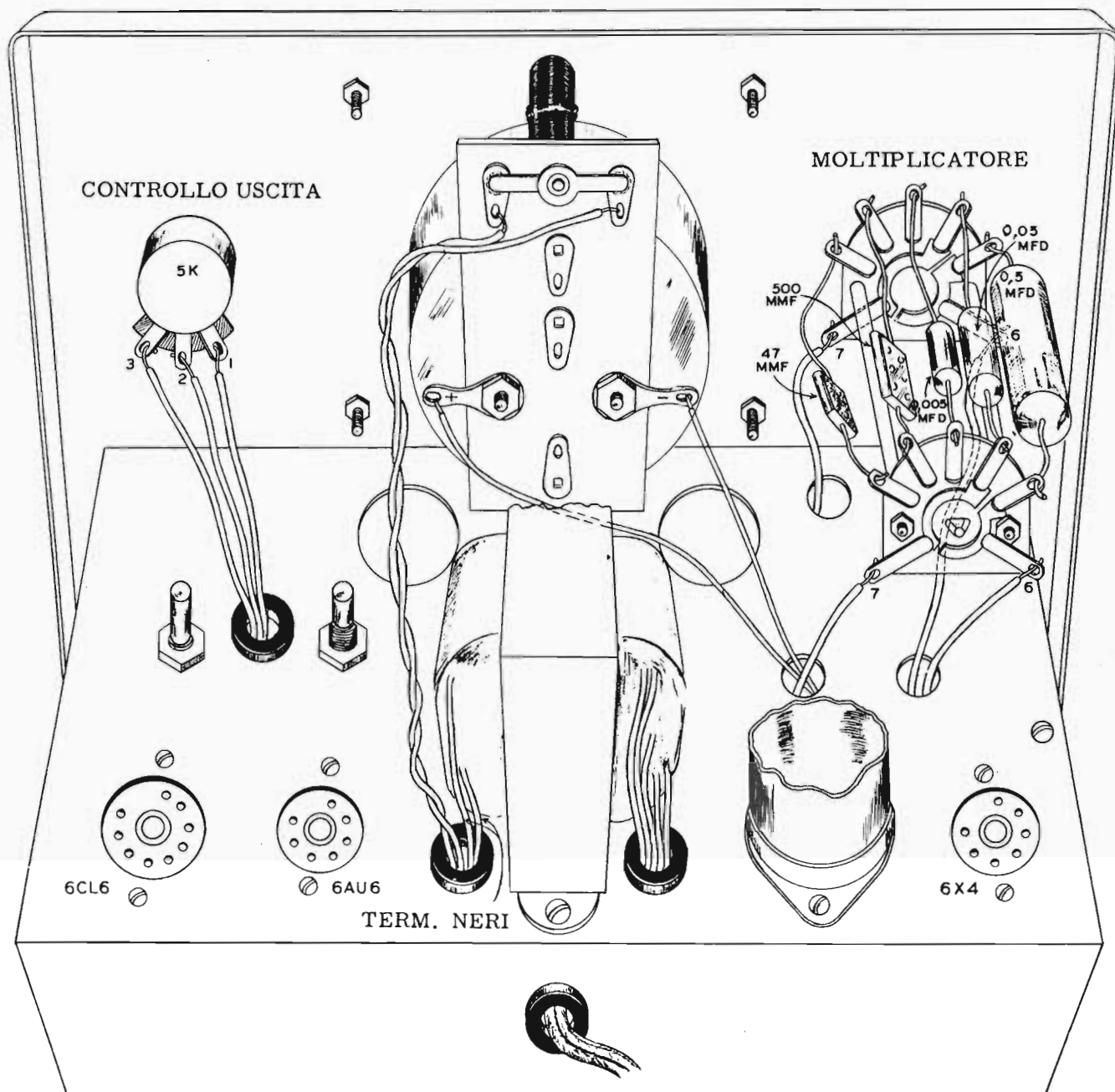



Fig. 5 - Vista superiore del telaio e del pannello. E' visibile la parte posteriore dello strumento di controllo, ed il pannellino che supporta i contatti della lampadina. In trasformatore di alimentazione è fissato in modo che il nucleo si trovi a 90° rispetto a quello dell'impedenza del filtro sistemata inferiormente. Il condensatore elettrolitico è sezionato per maggior chiarezza. Sono visibili il commutatore di gamma ed il potenziometro di uscita.

IL MONTAGGIO MECCANICO

Al lettore sono già state presentate diverse di queste realizzazioni basate sulla fornitura a scatola di montaggio, per cui non riteniamo opportuno dilungarci ancora una volta sulle precauzioni da adottare. Come negli altri casi, i disegni costruttivi riportati sono sufficienti a dare una chiara indicazione della disposizione dei vari componenti.

La **figura 4** illustra lo chassis, visto dal di sotto. In alto, a destra, sono fissati i due morsetti di uscita; quello superiore è connesso direttamente a massa. Si osservi — a questo proposito — che i riferimenti alle posizioni dei componenti nei confronti della figura 4 vanno intesi tenendo presente che lo chassis è capovolto, e che è visto con la parte retrostante dell'apparecchio verso il lettore: infatti, in realtà, i due morsetti di uscita si trovano in basso a destra, se l'apparecchio è visto frontalmente e non a rovescio.

Si noti la posizione dell'interruttore di accensione e dell'interruttore per l'esclusione del carico interno, rispettivamente a sinistra e a destra, a livello del piano del telaio. A sinistra, si nota una basetta di ancoraggio a 5 posti, e, immediatamente al di sotto, lo zoccolo della valvola 6X4 (rettificatrice). Proseguendo verso destra, si ha lo zoccolo di collegamento dell'elettrolitico 40 + 40 µF, seguito da una seconda basetta di ancoraggio a tre soli posti. Ai lati di questa basetta si trovano due passacavi in gomma, che proteggono i collegamenti che passano attraverso il foro centrale impedendo la possibile rottura dell'isolamento a causa dell'attrito con la lamiera del telaio. Seguono — sempre verso destra —

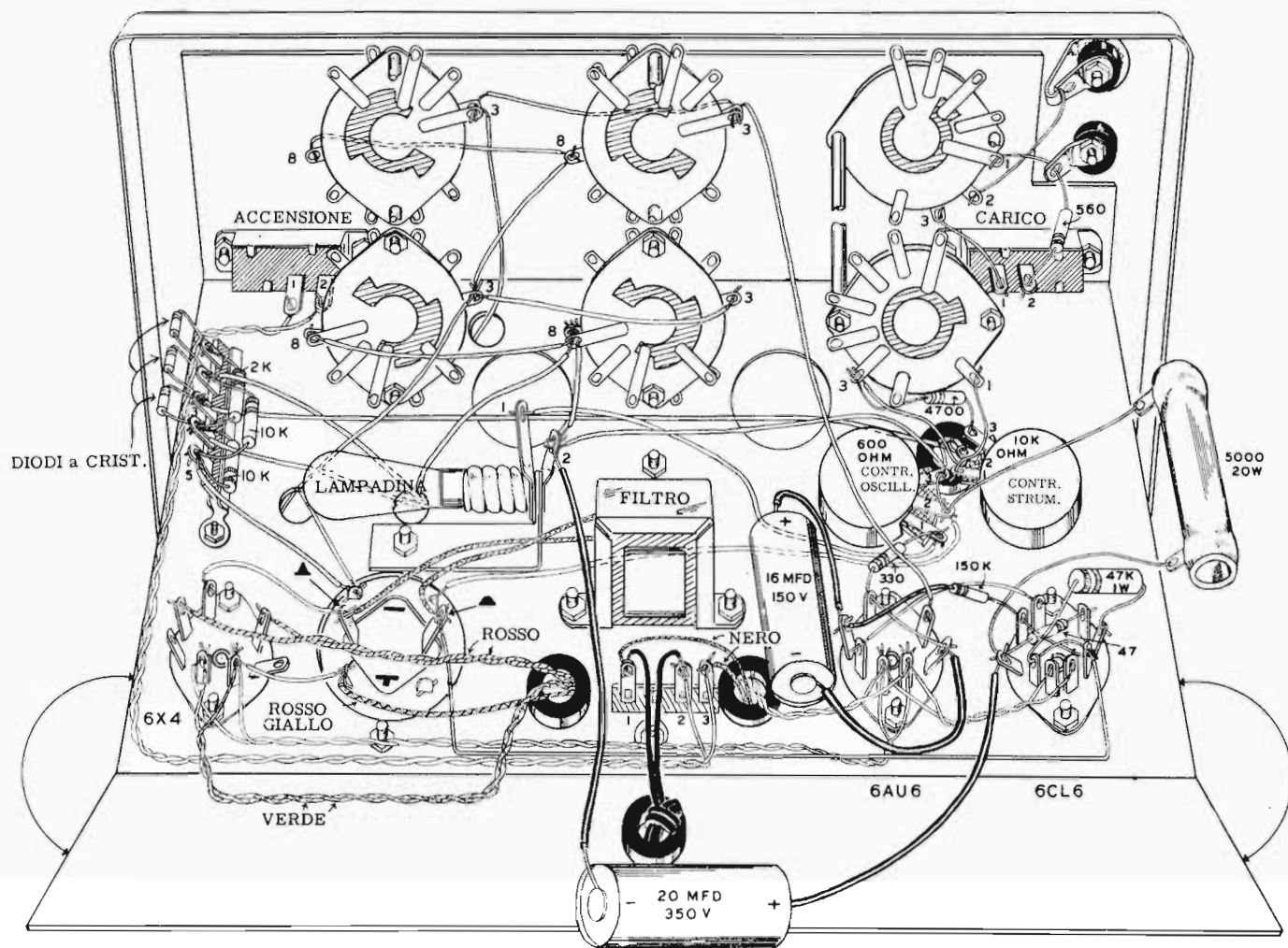



Fig. 6 - Vista inferiore del telaio e del pannello a montaggio quasi ultimato. Si rammenti che, per ottenere il miglior risultato, la posizione dei vari componenti deve essere mantenuta come indicato. Si noti il nodo praticato sul cordone rete per proteggerlo da eventuali strappi. I tre diodi a cristallo devono essere applicati lasciando i terminali ad una certa lunghezza per ragioni di sicurezza. I contrassegni del condensatore di filtro indicano i poli.

i due zoccoli delle valvole 6AU6 e 6CL6, i quali devono essere orientati nel modo illustrato onde evitare ai collegamenti facenti capo ai relativi contatti, un percorso diverso da quello stabilito in fase di progetto: ciò — come ben sappiamo — per eliminare qualsiasi possibilità di oscillazioni spurie, derivanti da accoppiamenti indesiderati.

Immediatamete al di sopra degli zoccoli citati, si trovano due potenziometri da 10 kohm (verso l'esterno) e da 600 ohm (verso l'interno). Si tratta di due resistenze semifisse che vanno regolate una volta per tutte durante le operazioni di messa a punto, per cui non è necessario che i relativi perni di comando siano accessibili dall'esterno a montaggio terminato.

Al centro del telaio sono visibili l'impedenza di filtro ed il portalampada che alloggia la lampadina del circuito di reazione.

Il passacavo di gomma, visibile al centro della fiancata posteriore (verso il lettore) compie la consueta funzione di protezione nei confronti del cordone di rete.

La **figura 5** illustra invece il telaio visto dalla parte superiore, posteriormente. Si noti la posizione del controllo di uscita (potenziometrico), fissato al pannello di comando, a sinistra dello strumento. A quest'ultimo è applicata una basetta di ancoraggio a 7 posti per i componenti relativi. Si noti, inoltre, il moltiplicatore (a destra), che consiste in un commutatore a 2 settori, illustrato in proiezione « esplosa » per mostrare alcuni collegamenti.

Sul piano orizzontale del telaio si scorgono i due perni dei potenziometri di taratura (a sinistra) ai lati di un passacavo in gomma, attraverso il quale passano i collegamenti del potenziometro che controlla l'ampiezza del segnale di uscita. Si vedono inoltre due zoccoli (della 6CL6 e della 6AU6) e, in centro, il trasformatore di alimentazione, alla cui destra sono illustrati l'elettrolitico cilindrico (tagliato per chiarezza di illustrazione) e lo zoccolo della valvola raddrizzatrice.

Tutti i componenti meccanici sono fissati mediante viti. E' bene prestare la massima cura affinchè dette viti vengano strette adeguatamente, onde evitare intermittenze nei collegamenti di massa, sia del circuito vero e proprio che delle masse metalliche che agiscono da schermo.

Una volta fissati al loro posto tutti i componenti (ad eccezione dei condensatori e delle resistenze, che fanno parte del circuito elettrico), è possibile iniziare la fase di cablaggio.

IL MONTAGGIO ELETTRICO

E' consigliabile, innanzitutto, stabilire quali sono i punti che vanno connessi a massa. Tali punti saranno uniti tra loro con un tratto di filo di rame da 2 millimetri, possibilmente stagnato, ed uno dei suoi estremi verrà collegato alla massa dello chassis.

Cio fatto, si potrà provvedere ai collegamenti relativi ai filamenti delle valvole (tutti e tre in parallelo tra loro), alle placche della valvola raddrizzatrice, al doppio condensatore elettrolitico, ed al primario del trasformatore di alimentazione.

In seguito, verranno effettuati i collegamenti ai piedini della valvola 6CL6. Si farà attenzione a rispettare la polarità del condensatore elettrolitico da 20 μF, il cui polo positivo deve essere connesso al punto di unione delle due resistenze da 47 ohm e da 5.000 ohm, 20 W, in serie al catodo di quest'ultima valvola; il polo negativo sarà invece in contatto diretto e con la lampadina e col lato « caldo » del potenziometro che controlla l'uscita (5.000 ohm).

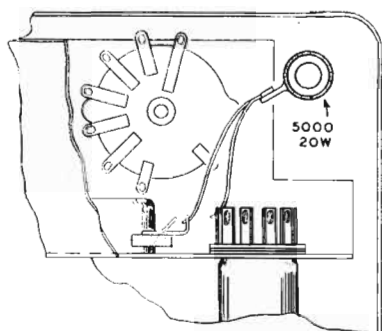



Fig. 7 - Fissaggio della resistenza da 5.000 ohm, 20 watt, presente in serie al catodo della valvola 6CL6. Viene fissata in modò da consentire la dispersione del calore

In linea di massima, per la restante parte del circuito, si potrà seguire l'ordine che si ritiene più opportuno, in quanto non sussistono regole per il collegamento progressivo dei vari componenti. L'essenziale è che — come di consueto — osservando sia il circuito elettrico che i disegni riportati, si faccia la massima attenzione a collegare i vari componenti nel dovuto modo, effettuando l'ancoraggio alle apposite basette come illustrato, e rispettando l'orientamento di ogni singolo pezzo.

La **figura 6** illustra la maggior parte dei collegamenti, così come essi si presentano in una fase avanzata di montaggio, nella parte inferiore dello chassis. Ovviamente, onde consentire al lettore di seguire il percorso dei vari collegamenti, alcuni componenti sono stati rappresentati più distanti di quanto non siano nella loro posizione effettiva.

Il condensatore elettrolitico di filtro reca — in corrispondenza dei terminali — due contrassegni, e precisamente un triangolo ed un semicerchio; a questi terminali corrisponde il polo positivo di ciascuna delle due capacità in esso contenute. Il polo negativo, comune ad entrambi, è in contatto diretto con l'involucro metallico esterno.

I vari collegamenti facenti capo ai piedini delle valvole ed ai contatti delle basette di ancoraggio, sono illustrati (figura 6) in modo che sia chiaramente visibile

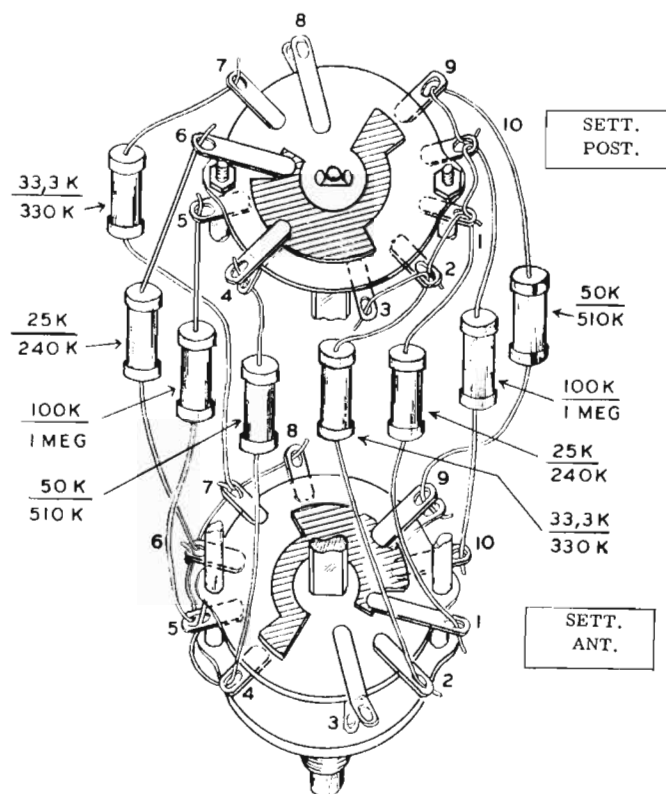



Fig. 8 - Montaggio dei due commutatori relativi alla prima ed alla seconda cifra significativa. I valori presenti al di sopra della linea di frazione sono riferiti alla prima cifra, quelli al di sotto — invece — alla seconda.

l'estremità privata dell'isolamento, ossia la parte da saldare. E' consigliabile, al fine di assicurare la massima solidità all'intera apparecchiatura, ripiegare verso l'esterno ogni singolo terminale, prima di effettuare la saldatura.

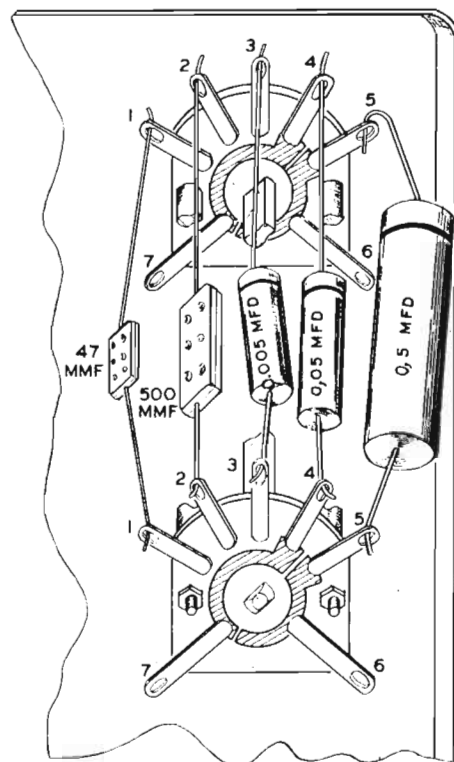



Fig. 9 - Montaggio del commutatore di gamma. Si noti la posizione reciproca delle diverse capacità nei confronti dei contatti.

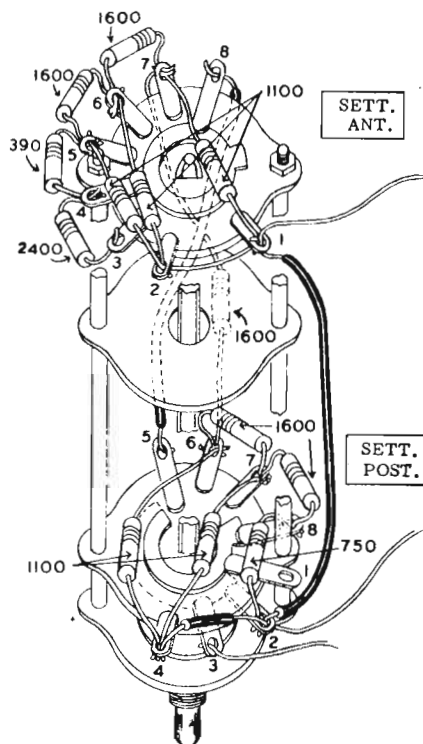



Fig. 10 - Montaggio dell'attenuatore a decadi. Sono indicati i valori delle varie resistenze. La saldatura deve essere effettuata rapidamente per non alterarne il valore.

I tre diodi a cristallo che provvedono alla rettificazione del segnale — onde consentirne la lettura mediante lo strumento fissato al pannello — sono sistemati, unitamente alle due resistenze da 10 kohm ed alla resistenza da 2.000 ohm, sulla basetta visibile a sinistra in figura 6. Ad evitare di danneggiare i diodi mediante la saldatura, è bene lasciare i loro terminali alla lunghezza di almeno 3 centimetri

In sostituzione della comune lampada spia presente normalmente sul pannello degli strumenti di misura, e per consentire comode letture anche nella penombra (cosa che risulterà assai utile allorchè il lettore si sarà abituato all'uso dell'oscillografo) è stata installata una lampada che illumina il quadrante dello strumento. Tale lampada viene inserita posteriormente in un apposito foro e, mediante le pagliette di ancoraggio, fissata al pannellino; elettricamente, essa risulta collegata in parallelo ai filamenti delle valvole. La resistenza da 5.000 ohm, 20 W, a causa della temperatura che sviluppa durante il funzionamento, viene fissata come illustrato alla **figura 7** per consentire la massima dissipazione del calore.

Una volta installati tutti i componenti minori sullo chassis, si può procedere alla preparazione dei due commutatori di frequenza (quelli cioè relativi alle prime due cifre significative della frequenza prodotta), e di quello relativo al rapporto di moltiplicazione.

I primi due sono sostanzialmente identici tra loro, con la sola differenza del diverso valore delle varie resistenze. La **figura 8** ne illustra l'allestimento nei confronti del settore posteriore (in alto) e del settore anteriore (in basso).

I valori delle resistenze sono riportati a due a due, separati da una linea di frazione. Tutti i valori riportati al di sopra della linea di frazione sono riferiti ad uno dei due commutatori, e quelli riportati al di sotto sono invece riferiti all'altro. In altre parole, in uno dei commutatori la prima resistenza visibile in alto, a sinistra, avrà il valore di 33,3 kohm, e la resistenza corrispondente alla medesima posizione nell'altro avrà invece il valore di 330 kohm. Il commutatore relativo alla prima cifra significativa sarà quello i cui valori sono più bassi, e quello relativo alla seconda sarà invece quello i cui valori sono moltiplicati per 10 rispetto al precedente.

La **figura 9** illustra la disposizione dei cinque condensatori che devono essere fissati al commutatore del rapporto di moltiplicazione. L'operazione non presenta difficoltà.

Per terminare le operazioni di allestimento dei componenti separati, non resta che montare il commutatore dell'attenuatore a scatti, così come è illustrato alla **figura 10**. Sono visibili, in rappresentazione « esplosa », le sezioni anteriore e posteriore del commutatore; la rappresentazione delle varie resistenze riportate nella figura, e indicate con i relativi valori, facilita notevolmente il montaggio.

Si tenga presente che, ad evitare errori di lettura a montaggio ultimato, queste resistenze sono state scelte con una precisione di valore maggiore che non quelle che servono per la polarizzazione degli elettrodi delle valvole. Per questo motivo, è bene evitare di variarne il valore mediante una lunga esposizione alla temperatura del saldatore, che — come accade per i transistori — raggiunge la parte interna della resistenza attraverso i terminali di contatto. E' quindi opportuno adottare le medesime precauzioni suggerite a pag. 61 (figura 15) per i diodi a cristallo, ossia effettuare la saldatura il più rapidamente possibile, applicando contemporaneamente una pinzetta con una certa massa, onde consentire una buona dissipazione del calore.

Terminata la preparazione dei commutatori, essi potranno essere installati al loro posto come segue: il commutatore dei rapporti di moltiplicazione, a sinistra dello strumento di controllo (osservando il pannello dalla parte frontale); quello che varia la prima cifra significativa, a sinistra in basso; quello relativo alla seconda cifra, al centro in basso, ed infine l'attenuatore, alla destra di quest'ultimo.

Ad evitare interruzioni nei collegamenti, causate da eventuali vibrazioni subite dallo strumento durante l'uso in laboratorio, è opportuno effettuare tutti i collegamenti di una certa lunghezza, con conduttore flessibile. Ci riferiamo in particolare, ai collegamenti che uniscono i commutatori di controllo della frequenza e dell'ampiezza, alla parte restante del circuito.

Tali collegamenti, oltre che flessibili, devono essere perfettamente isolati mediante un rivestimento di plastica oppure — ove necessario — mediante tubetto « sterling ».

Infine, dopo aver effettuato gli allacciamenti tra detti commutatori ed il circuito vero e proprio, non rimane che passare al collaudo ed alla messa a punto (di cui diciamo nella lezione che segue), non senza aver prima provveduto al consueto controllo del circuito e della disposizione dei componenti.

DOMANDE sulle LEZIONI 106ª e 107ª

N. 1 —
In un complesso di amplificazione, quale è il compito degli stadi amplificatori di tensione?

N. 2 —
Quali sono i fattori che determinano la potenza che deve fornire un amplificatore di Bassa Frequenza?

N. 3 —
Per quale motivo gli ingressi di un amplificatore ai quali deve essere collegato un microfono, sono spesso seguiti da un pentodo amplificatore di tensione, mentre quelli ai quali va collegato un « pick-up » o l'uscita di un ricevitore o di un magnetofono sono collegati dopo detto stadio?

N. 4 —
In quali punti di un amplificatore sono inseriti, normalmente, i dispositivi che consentono il controllo del tono?

N. 5 —
In quale modo è possibile controllare separatamente il rendimento sulle note basse e sulle note alte?

N. 6 —
In base a quale principio agisce — normalmente — il controllo di volume in un amplificatore?

N. 7 —
In quanti modi è possibile invertire la fase di un segnale per accoppiare un'unica valvola pilota alle due griglie di uno stadio in controfase ?

N. 8 —
Per quale motivo i circuiti ad inversione elettronica sono preferibili a quelli a trasformatore?

N. 9 —
Su quale principio si basa lo stadio invertitore di fase denominato « catodina »?

N. 10 —
Per quale motivo l'eventuale residuo di componente alternata nella tensione anodica influisce meno sul segnale di uscita se lo stadio finale è in opposizione di fase (« push-pull »)?

N. 11 —
Nel generatore di segnali a Bassa Frequenza, descritto alla lezione 107ª, quale è il compito della lampadina presente tra i catodi della 6AU6 e della 6CL6?

N. 12 —
Quale è il motivo per il quale lo strumento di controllo presente sul pannello è di grande utilità?

N. 13 —
In quale modo agisce il controllo dell'oscillatore (potenziometro da 600 ohm), sulla forma d'onda del segnale prodotto?

N. 14 —
In quale caso è opportuno tenere inserito il carico interno, presente nello strumento, ed inseribile mediante apposito interruttore?

N. 15 —
In quale modo, mediante questo strumento, è possibile rilevare la curva di responso « per punti » di un amplificatore di Bassa Frequenza?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 833

N. 1 — E' possibile effettuare misure di tensione, di corrente, di impedenza, di capacità, di induttanza, di fase, di amplificazione, di distorsione e di frequenza.

N. 2 — A seconda della relazione di fase che sussiste tra il segnale orizzontale e quello verticale, un cerchio o un'ellisse. Si ha il cerchio quando lo sfasamento è nullo (0°), o massimo (360°).

N. 3 — Si, e precisamente quello del « cerchio di sfasamento », purchè sia disponibile una presa per il collegamento diretto alla griglia di controllo o al secondo anodo del tubo a raggi catodici, (asse « z »).

N. 4 — Quando il rapporto tra la frequenza incognita e quella del generatore campione è inevitabilmente elevato, tale cioè da complicare la lettura col metodo normale.

N. 5 — Che l'amplificatore verticale sia tarato. In altre parole, occorre conoscere con esattezza l'ammontare della deflessione verticale corrispondente ad una data tensione di riferimento applicata all'ingresso.

N. 6 — Variando l'ammontare del segnale che, dall'uscita del circuito, viene retrocesso all'entrata. In altre parole, variando la cosiddetta reazione, tra circuito di ingresso e circuito di uscita.

N. 7 — La forma d'onda del segnale prodotto tende ad assumere la forma rettangolare, in quanto, durante i picchi del segnale, la valvola è in saturazione.

N. 8 — I segnali prodotti sono più regolari nella forma, ma tendono ad essere intermittenti.

N. 9 — Il fatto di consentire la regolazione della reazione osservando la forma d'onda del segnale prodotto.

N. 10 — I valori delle capacità necessari per produrre un segnale di data frequenza, ed il valore della resistenza di carico.

N. 11 — Ad osservare contemporaneamente due distinti segnali sullo schermo di un tubo. Funziona mediante un multivibratore, che provvede ad alternare le due immagini con una data frequenza di commutazione.

N. 12 — Lo spostamento del cursore varia la polarizzazione delle due griglie della valvola pilota, e, di conseguenza le relative correnti anodiche. Ciò determina anche una differenza tra le tensioni anodiche, il che provoca lo spostamento delle immagini.

N. 13 — Perchè, diversamente, si vedrebbe il segnale di commutazione, e non le due immagini desiderate.

N. 14 — Variando la capacità presente tra i catodi della valvola oscillatrice 12AU7.

N. 15 — Per consentire il passaggio indisturbato anche di segnali a frequenza mòlto bassa.

COSTRUZIONE di un GENERATORE di BASSA FREQUENZA

IIª PARTE: COLLAUDO e MESSA a PUNTO

Per quanto il lettore sia ormai avvezzo alla normale procedura di collaudo di un apparecchio di nuova costruzione, riteniamo opportuno accennare brevemente alle varie fasi, dalle quali dipende in buona parte il successo della realizzazione.

Si provveda innanzitutto ad un accurato controllo dell'intero circuito, sia spuntando a matita sullo schema i vari collegamenti, sia verificando sulle varie figure che ogni componente sia stato installato correttamente e — ove necessario — con la esatta polarità.

Ultimato il controllo di cui sopra, che è bene sia ripetuto almeno due volte, si verifichi con un ohmetro che non esistano corto - circuiti ai capi del secondo elettrolitico di filtro della tensione anodica. La resistenza misurata, alla fine del lento ritorno dell'indice dello strumento verso l'inizio scala, dopo il normale impulso dovuto alla carica degli elettrolitici, deve essere dell'ordine di almeno 300.000 ohm.

Senza inserire le valvole negli zoccoli relativi, si colleghi il cordone rete alla presa di corrente. L'apparecchio è predisposto per una tensione di rete compresa tra 105 e 125 volt; ove la tensione disponibile fosse diversa, è indispensabile effettuare il collegamento tramite un autotrasformatore o trasformatore di adattamento.

Dopo aver acceso l'apparecchio, la lampada spia presente nello strumento fissato al pannello deve accendersi regolarmente. Usufruendo del « tester » predisposto per le misure in corrente alternata — portata 500 volt fondo scala — si controlli che tra la massa ed i piedini 1 e 6 della valvola raddrizzatrice (6X4) sia presente una tensione di 320 volt circa. Ponendo poi il voltmetro sulla portata 10 volt fondo scala c.a., si verifichi che tra i piedini corrispondenti al filamento di ogni singola valvola, ed ai capi della lampadina di illuminazione dello strumento, sia presente una tensione di circa 6 volt.

Se tutto è in ordine, è possibile a questo punto inserire le valvole negli zoccoli relativi dopo aver spento l'apparecchio. Una volta riacceso, si osservi attraverso il bulbo che esse si accendano regolarmente, controllando contemporaneamente che tra la massa ed il piedino 7 della valvola raddrizzatrice sia presente una tensione continua di circa 420 volt.

Prima di procedere alla verifica della presenza delle oscillazioni, è opportuno controllare le tensioni esistenti in corrispondenza dei vari elettrodi delle valvole. A tale scopo pubblichiamo la tabellina apposita, nella quale sono elencate tutte le tensioni misurabili agli zoccoli delle valvole. I valori riportati corrispondono alle letture ottenute con uno strumento da 20.000 ohm per volt, e possono differire, in pratica, del 10% in più o in meno, dal valore riportato nella tabella stessa.

I due potenziometri semifissi installati internamente al telaio (vedi **figura 1**) devono essere posti all'incirca verso metà della loro rotazione. Il commutatore della prima cifra significativa deve essere sulla posizione 10 o più alta. Se lo strumento funziona, ruotando il potenziometro che controlla l'ampiezza del segnale di uscita (a destra dello strumento, sul pannello), si deve notare un aumento dell'indicazione. E' questa la prova che le oscillazioni vengono prodotte, e che quindi — ai morsetti di uscita presenti sul pannello in basso a destra — è presente il segnale, la cui ampiezza è determinata dalla posizione dell'attenuatore a scatti e dalla posizione del controllo potenziometrico.

MESSA A PUNTO

Taratura dello strumento. Durante questa operazione, è necessario evitare assolutamente che il potenziometro che controlla l'ampiezza del segnale di uscita venga lasciato in posizione zero, ossia alla massima rotazione in senso antiorario, poichè — in tal caso — sussiste il pericolo di danneggiarlo gravemente. Si consiglia la seguente procedura:

1) Predisporre entrambi i commutatori relativi alle prime due cifre significative su « zero ».
2) Ruotare il controllo di uscita (potenziometro a destra dello strumento) alla massima posizione in senso orario.
3) Portare l'attenuatore a scatti nella posizione di «massimo» (corrispondente a 10 volt, ed a + 20 dB).
4) Collegare uno spezzone di filo tra il morsetto rosso di uscita ed uno dei terminali della lampada di illuminazione del quadrante, presenti sul pannello fissato sul retro dello strumento, e precisamente a quello che presenta tensione verso massa.
5) Ruotare il potenziometro da 10 kohm (installato internamente all'apparecchio, sul telaio), che provvede alla taratura dello strumento, finchè quest'ultimo indica la tensione di 6,3 volt sulla scala 10 volt (leggermente oltre il centro della scala superiore).
6) Togliere lo spezzone di filo.

VALVOLA	Pied. 1	Pied. 2	Pied. 3	Pied. 4	Pied. 5	Pied. 6	Pied. 7	Pied. 8	Pied. 9
6X4	320 CA	NC	X	X	NC	320 CA	420		
6AU6	1,5	4	X	X	200	140	4		
6CL6	210	200	410	X	X	410	210	410	200

Tabella delle tensioni, rilevate ai vari piedini delle valvole con uno strumento da 20 mila ohm per volt.

Per la seguente operazione, che può sostituire la precedente, usare un voltmetro per corrente alternata sufficientemente esatto, ed avente una resistenza interna di almeno 500 ohm per volt.

1) Scegliere una frequenza del segnale conforme alle possibilità di lettura da parte di detto voltmetro (compresa cioè tra 50 e 3.000 Hz), agendo sui commutatori relativi alle prime due cifre significative ed a quello di moltiplicazione.
2) Collegare il voltmetro di cui sopra ai morsetti di uscita del generatore di segnali.
3) Regolare il controllo dello strumento (ossia il potenziometro semifisso da 10 kohm), finchè lo strumento applicato all'esterno e quello presente sul pannello dell'apparecchio diano la medesima lettura.

Taratura dell'oscillatore. — Per questa fase della messa a punto non deve essere effettuata alcuna connessione ai morsetti di uscita. Il potenziometro che controlla l'ampiezza del segnale prodotto deve essere ruotato completamente in senso orario. I commutatori relativi alle prime due cifre significative devono essere posti su di una frequenza superiore a 10 Hz. A questo punto, ruotare il potenziometro da 600 ohm semifisso, applicato internamente sul telaio, fino ad avere esattamente la deviazione totale dell'indice dello strumento di controllo, fino cioè al fondo scala.

Controllare l'uscita corrispondente a diverse altre frequenze comprese tra 10 e 100.000 Hz, e, se l'indice dello strumento tende a spostarsi dal fondo scala, ritoccare il potenziometro da 600 ohm per riportarlo alla posizione di esatto fondo scala.

Evitare nel modo più assoluto di portare l'indice dello strumento oltre il fondo scala, altrimenti la distorsione del segnale prodotto sarà maggiore di quella nominale.

Questa ultima operazione conclude la fase di messa a punto. Alla fine, lo strumento può essere inserito nella cassetta metallica, ed è pronto per l'uso.

Ad evitare che l'eventuale aumento di temperatura durante la messa a punto provochi alterazioni nella taratura a causa di variazioni nel valore di alcuni componenti, sarà bene ripetere l'intera procedura dopo un'ora circa di funzionamento continuato. Inoltre, dopo qualche settimana di uso, è opportuno eseguire un ulteriore controllo della messa a punto, che consentirà di accertare il grado di stabilità dell'apparecchio.

IN CASO DI DIFFICOLTA'

Nella eventualità che, nonostante la cura posta nel montaggio, l'apparecchio non funzionasse come specificato, i principali provvedimenti da adottare sono i seguenti:

1) Controllare ancora una volta l'intero circuito, osservando la disposizione dei componenti e controllandone la dislocazione sulle figure.
2) Misurare tutte le tensioni ad apparecchio acceso, e controllare — ad apparecchio spento — il valore di tutte le resistenze e l'isolamento di tutti i condensatori presenti nei vari circuiti, dopo aver staccato almeno uno dei due terminali relativi. Questo controllo deve essere eseguito con l'ohmetro predisposto per la portata più alta. Se la capacità è elevata, ossia di almeno 0,03 µF, si noterà un lieve scatto dell'indice che tornerà poi subito a zero. Se invece la capacità è molto inferiore, non si deve no-

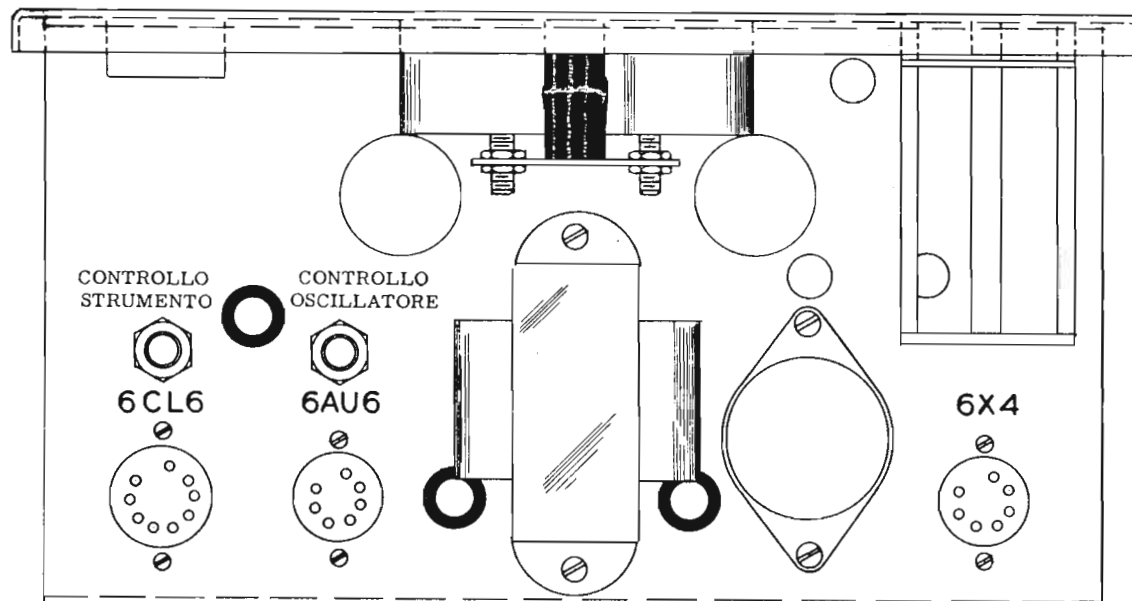



Fig. 1 - Rappresentazione del telaio, visto dall'alto. Sono visibili i perni dei potenziometri da regolare durante le operazioni di messa a punto.

tare alcun movimento dell'indice stesso. Ovviamente, un controllo più accurato può essere fatto con un capacimetro.

3) Controllare che i diversi contatti fissi e mobili dei commutatori non siano contorti, e che le mollette si aprano ogni qualvolta il contatto mobile del rotore di ogni singolo settore si introduce tra una coppia.

4) Accertarsi che nessuna resistenza si surriscaldi, osservandone il colore dell'involucro esterno. In caso di surriscaldamento, le resistenze tendono ad assumere un colore marrone, ed emettono un odore particolare.

5) Ad apparecchio appena acceso, la tensione anodica ha un valore relativamente elevato, che, diminuisce in seguito abbastanza rapidamente. Se ciò non accade, o se la tensione non diminuisce, ciò dimostra che l'assorbimento di corrente è inferiore al normale. Il fenomeno può essere imputato ad esaurimento, o comunque a mancato funzionamento di una delle valvole, o ad interruzione di una delle resistenze catodiche.

IMPIEGO DEL GENERATORE

A parte i diversi impieghi che possono derivare da varie esigenze nella normale attività di laboratorio, questo generatore di segnali a Bassa Frequenza può essere vantaggiosamente impiegato per i seguenti scopi:

1) Per fornire segnali di eccitazione ad un ponte per misura di capacità o di induttanze.

2) Come sorgente di segnale per la misura di distorsioni armoniche.

3) Come sorgente di segnali per applicare una modulazione esterna ad un generatore ad Alta Frequenza, del tipo descritto alla lezione 68ª.

4) Come sorgente di segnale per la messa a punto di amplificatori di Bassa Frequenza, e per il rilevamento « a punti » della curva di risposta.

Tecnica di impiego. — Come si è detto, questo strumento è in grado di fornire segnali sinusoidali a bassissima distorsione, di frequenza ed ampiezza variabili conformemente alle normali esigenze. Per ottenere la frequenza desiderata, è sufficiente portare il primo commutatore in basso a sinistra sulla prima cifra significativa del valore di detta frequenza, la seconda manopola (al centro in basso) sulla seconda cifra, ed il moltiplicatore al valore necessario.

Ad esempio, per ottenere la frequenza di 35 Hz, mettere la prima manopola su 30, la seconda su 5, ed il moltiplicatore sulla posizione « x 1 ». Per ottenere invece una frequenza di 72.000 Hz, porre la prima manopola su 70, la seconda su 2, ed il moltiplicatore su « x 1.000 ».

Per ottenere la voluta ampiezza del segnale di uscita, su di un carico ad impedenza elevata (10 kohm o più), portare l'interruttore del carico sulla posizione « INT » (interno), e l'attenuatore a scatti sulla portata immediatamente superiore al valore desiderato. Ciò fatto, ridurre l'ampiezza effettiva del segnale presente in uscita agendo sul controllo potenziometrico situato a destra dello strumento, e verificando il valore sulla scala corrispondente alla portata dell'attenuatore.

Ad esempio, se si desidera ottenere in uscita un segnale pari a 7,3 volt, portare l'attenuatore a scatti sulla posizione 10 volt, e regolare il potenziometro fino a leggere la tensione 7,3 volt sulla scala dei 10 volt. Analogamente, se si vuole ottenere un segnale di ampiezza pari a 0,025 volt, regolare l'attenuatore a scatti sulla posizione 0,03 volt, ed il controllo potenziometrico fino ad ottenere la lettura di 2,5 volt sulla scala dei 3 volt.

Per ottenere l'ampiezza voluta del segnale di uscita su di un carico di 600 ohm (tensione massima 1 volt), mettere l'interruttore del carico sulla posizione « EXT » (esterno), e procedere come sopra.

Impiego della scala dei decibel. — Sappiamo già che il decibel esprime un rapporto tra due diversi livelli di potenza, e che viene usato come misura di confronto. Esso può essere impiegato anche nei confronti di livelli di tensione, purchè però le impedenze di entrata e di uscita siano eguali. Il decibel può essere impiegato anche come indicazione di una quantità nei confronti di un dato livello di tensione o di potenza, se l'altro livello di riferimento è noto.

In questo strumento, la scala dei decibel è basata sul noto standard secondo il quale

0 dB = 1 milliwatt su 600 ohm

Di conseguenza, se l'apparecchio viene impiegato con carico esterno del valore di 600 ohm, le indicazioni dello strumento di controllo possono essere intese in dBm, ed il livello di riferimento resta così definito.

Nei casi in cui l'apparecchio venga invece usato con carichi la cui impedenza sia diversa da 600 ohm, ma inferiore a 10.000 ohm, è possibile calcolare un fattore di correzione relativo alla riduzione della tensione nell'attenuatore ed al livello risultante in dB (vedi lezione 54ª).

Se l'impiego avviene con carichi di impedenza assai elevata, il rapporto tra i due livelli del segnale può essere espresso con un numero di dB di differenza.

Ad esempio, supponiamo che un'apparecchiatura elettronica necessiti di un segnale di ampiezza pari a 0,61 volt ad un suo ingresso, per ottenere una determinata potenza di uscita, e che necessiti di un altro segnale di ampiezza pari a 0,012 volt ad un secondo ingresso per ottenere la medesima potenza di uscita. La differenza in dB tra i due segnali di ingresso può essere calcolata come segue:

0,61 volt corrispondono a —2 dB (sullo strumento) ± 0 dB (sull'attenuatore) = —2 dB

0,012 volt corrispondono a — 6 dB (sullo strumento) — 30 dB (sull'attenuatore) = — 36 dB

La differenza di livello ammonta pertanto a

$(-2) - (-36) = +34$ dB

In teoria, nell'esempio ora citato, le due impedenze di ingresso devono essere eguali. Il metodo descritto è generalmente più utile che non il calcolo dei livelli di potenza corrispondenti (in funzione della tensione e dell'impedenza di ingresso) mediante la seguente formula:

$$dB = 10\ log \frac{P1}{P^2} = 10\ log \frac{E_1^2 : R_1}{E_2^2 : R_2}$$

Se le due impedenze in gioco sono eguali, la formula diventa:

$$dB = \frac{(E_1)^2}{(E^2)} = 20\ log \frac{E_1}{E_2}$$

Sebbene ciò sia esatto in teoria, in realtà, per notevoli differenze tra i due valori di impedenza, si introduce una percentuale di errore apprezzabile. Per effettuare un calcolo più esatto del livello in dB nel caso di applicazione di un carico diverso da quello standard, rimandiamo il lettore a quanto detto a pagina 430.

Precisione. — Dal momento che all'uscita del generatore AG - 9A è disponibile una tensione di segnale di una certa ampiezza e di una certa frequenza, è logico prevedere che i valori stabiliti per ogni singola posizione dei vari controlli relativi siano esatti entro determinati limiti di tolleranza.

Abbiamo visto, nell'esame del circuito elettrico, che la frequenza di oscillazione è determinata innanzitutto dal circuito di accordo costituito dai valori *R* e *C* dei complessi di commutazione (cifre significative e moltiplicatore), ed, in secondo luogo dalla precisione dei valori effettivi dei diversi componenti.

La tolleranza nominale delle resistenze di precisione è dell'1%, quella dei condensatori di accordo è invece del 2%. L'errore introdotto dalla tolleranza sul valore delle altre resistenze presenti nel circuito (quelle cioè che servono per la polarizzazione degli elettrodi delle valvole), la quale tolleranza ammonta al 5%, introduce una ulteriore percentuale di tolleranza pari ad un decimo di quella apportata dalle stesse resistenze all'1%. Di conseguenza, il loro effetto si riduce allo 0,5% circa.

Considerando inoltre le variazioni apportate dalle differenze di temperatura, dalle capacità parassite distribuite nei vari punti del circuito, nonchè gli spostamenti di fase degli stadi amplificatori ai limiti di frequenza, il massimo errore della frequenza effettiva del segnale di uscita, rispetto all'indicazione da parte dei controlli relativi, non sarà superiore al 5%.

L'esattezza della tensione di uscita dipende da numerosi fattori. E' compito di chi realizza il montaggio provvedere alla taratura mediante uno strumento esterno. A tale riguardo, è bene tener presente che gli strumenti a ferro mobile sono soggetti ad errori a seconda delle frequenza della tensione misurata, e difficilmente consentono letture esatte con frequenze superiori a 150 Hz. Gli strumenti a bobina mobile, provvisti di rettificatore (tester), cominciano invece ad introdurre errori apprezzabili con frequenze dell'ordine di 5 kHz.

Oltre a ciò, la tensione di uscita viene ulteriormente influenzata dall'attenuatore, nel quale vengono usate resistenze aventi una tolleranza del 5%. La tolleranza totale ammonta pertanto al 5%. La precisione dell'attenuatore dipende, infine, anche dal valore della resistenza di carico, in modo particolare nella portata fino a 3 volt, nella quale una resistenza da 12 kohm, usata come carico, abbassa l'uscita di 0,5 dB, ed una da 2 kohm determina un errore di 3 dB.

Volendo effettuare un controllo approssimativo della taratura in frequenza dell'apparecchio realizzato, mediante un oscillografo a raggi catodici del tipo descritto alle lezioni 98ª e 99ª, senza peraltro disporre di un secondo generatore campione, si potrà procedere come segue riguardo all'oscillografo:

1) Collegare l'uscita del generatore da controllare all'ngresso dell'amplificatore verticale.
2) Porre il selettore orizzontale in modo da inserire sul canale la tensione di rete (prelevata internamente).
3) Regolare gli attenuatori verticale ed orizzontale fino ad avere ampiezze di deflessione adeguate.
4) Variare la frequenza del segnale prodotto, portandola progressivamente a 25, 50, 100, 150, 200, Hz e cosi via, seguendo la progressione dei multipli di 50. Dal momento che la frequenza di rete è di 50 Hz, si otterrà un'immagine ferma in corrispondenza di ognuno di detti valori. Ad esempio, con una frequenza di 25 Hz, si otterrà un'immagine simile a quella di figura 5 e 8 (pagina 812) ma disposta verticalmente (rapporto 1 : 2). Con una frequenza di 50 Hz, l'immagine sarà simile ad una delle figure 1, 2, 3 o 4, (pagina 812), e così via, a seconda del rapporto tra la frequenza del segnale e quella di rete. Si rammenti che le eventuali discordanze possono essere dovute ad inesattezza o incostanza della frequenza di rete, e che questo controllo è possibile fino ad un massimo di 1000 Hz. Per frequenze superiori si può adottare il metodo descritto alla lezione 103ª.

Nella portata fino ad 1 volt, ed in quelle inferiori, applicando un carico ad alta impedenza, si ottiene una tensione di uscita pari al doppio di quella indicata (ossia maggiore di 6 dB), se non viene inserito il carico interno.

Nella portata fino a 10 volt — tuttavia — l'applicazione del carico, sebbene determini una riduzione dell'indicazione da parte dello strumento, in realtà non introduce alcun errore nella lettura, in quanto lo strumento indica la tensione direttamente.

Con valori del carico inferiori a 10 kohm si può avere un aumento della distorsione, e l'applicazione di carichi di valore molto basso costituisce — in pratica — un cortocircuito ai capi dell'uscita della valvola 6CL6. Ciò può bloccare il circuito smorzando le oscillazioni, quando il controllo di uscita è in posizione di massimo.

Lo strumento di controllo, ed i circuiti ad esso associati, aggiungono ulteriori inesattezze per tensioni che differiscono da quella di taratura. L'equipaggio mobile può spostarsi del 2% del valore di fondo scala per eventuali discordanze tra la curva nominale dello strumento stesso e le caratteristiche particolari dello strumento.

I rettificatori a cristallo per la lettura dell'ampiezza del segnale si comportano in modo non lineare per valori bassi di tensione, tuttavia questo errore è praticamente compensato dalla presenza del terzo diodo, come si è detto nella lezione precedente. Si può concludere che, tenendo conto di tutti i fattori elencati, la precisione dell'indicazione rispetto all'ampiezza effettiva del segnale ammonta all'incirca al 5%.

TABELLA 87 — CORRISPONDENZA tra le MISURE AMERICANE delle VITI MECCANICHE, ed i VALORI DECIMALI di POLLICE EQUIVALENTI.

Continuando la serie delle tabelle di conversione, riportiamo qui un elenco delle misure adottate in America per contraddistinguere le viti. Come si nota, tali misure sono espresse sia secondo frazioni di pollice, sia secondo lettere dell'alfabeto, o secondo numeri progressivi. In ogni caso, è riportato a fianco il valore decimale in pollici, che — all'occorrenza — potrà essere facilmente convertito in millimetri, moltiplicandolo per il fattore costante 25,4.

Ad esempio, una vite del tipo Q ha un diametro esterno di 0,3320 pollici. Il diametro in millimetri è dato da:

$$0{,}3320 \times 25{,}4 = 8{,}432 \text{ mm.}$$

Analogamente, una vite N° 5 ha un diametro di 0,2055 pollici, pari a 6,209 mm. Mediante questa tabella, è dunque possibile calcolare il diametro delle viti corrispondenti secondo il nostro sistema.

MISURA	EQUIVALENTE DECIMALE in POLLICI	MISURA	EQUIVALENTE DECIMALE in POLLICI	MISURA	EQUIVALENTE DECIMALE in POLLICI
1/2	0,5000	C	0,2420	N° 30	0,1285
31/64	0,4844	B	0,2380	1/8	0,1250
15/32	0,4687	15/64	0,2344	N°31	0,1200
29/64	0,4531	A	0,2340	N°32	0,1160
7/16	0,4375	N° 1	0,2280	N°33	0,1130
27/64	0,4219	N° 2	0,2280	N°34	0,1110
Z	0,4130	7/32	0,2187	N°35	0,1100
13/32	0,4062	N°3	0,2130	7/64	0,1094
Y	0,4040	N°4	0,2090	N°36	0,1065
X	0,3970	N°5	0,2055	N°37	0,1040
25/64	0,3906	N°6	0,2040	N°38	0,1015
W	0,3860	13/64	0,2031	N°39	0,0995
V	0,3770	N°7	0,2010	N°40	0,0980
3/8	0,3750	N°8	0,1990	N°41	0,0960
U	0,3680	N°9	0,1960	3/32	0,0937
23/64	0,3594	N°10	0,1935	N°42	0,0935
T	0,3580	N°11	0,1910	N°43	0,0890
S	0,3480	N°12	0,1890	N°44	0,0860
11/32	0,3437	3/16	0,1875	N°45	0,0820
R	0,3390	N°13	0,1850	N°46	0,0810
Q	0,3320	N°14	0,1820	N°47	0,0785
21/64	0,3281	N°15	0,1800	5/64	0,0781
P	0,3230	N°16	0,1770	N°48	0,0760
O	0,3160	N°17	0,1730	N°49	0,0730
5/16	0,3125	11/64	0,1719	N°50	0,0700
N	0,3020	N°18	0,1695	N°51	0,0670
19/64	0,2969	N°19	0,1660	N°52	0,0635
M	0,2950	N°20	0,1610	1/16	0,0625
L	0,2900	N°21	0,1590	N°53	0,0595
9/32	0,2812	N°22	0,1570	N°54	0,0550
K	0,2810	5/32	0,1562	N°55	0,0520
J	0,2770	N°23	0,1540	3/64	0,0469
I	0,2720	N°24	0,1520	N°56	0,0465
H	0,2660	N°25	0,1495	N°57	0,0430
17/64	0,2656	N°26	0,1470	N°58	0,0420
G	0,2610	N°27	0,1440	N°59	0,0410
F	0,2570	9/64	0,1406	N°60	0,0400
E-1/4	0,2500	N°28	0,1405	—	—
D	0,2460	N°29	0,1360	—	—

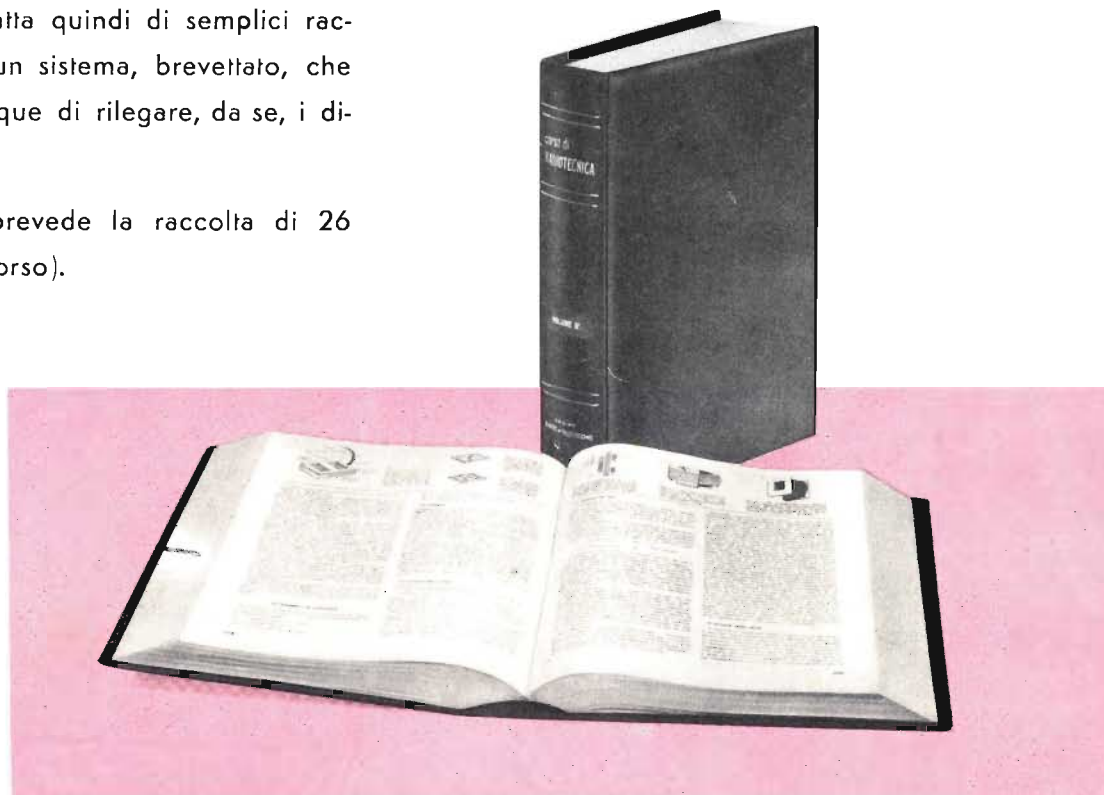
per RILEGARE

le lezioni del "Corso di RADIOTECNICA„ potete disporre di apposite, razionali copertine - imitazione pelle - con diciture in oro.

Le copertine vengono fornite con tutto il necessario atto a formare un vero e proprio volume: non si tratta quindi di semplici raccoglitori, ma di un sistema, brevettato, che consente a chiunque di rilegare, da se, i diversi fascicoli.

Ogni copertina prevede la raccolta di 26 fascicoli (metà Corso).

COPERTINA per **VOLUME I°**	Lire 880
Spese postali e imballo	» 195
Totale	» **1.075**
COPERTINA per **VOLUME II°**	(come sopra)
Le DUE COPERTINE assieme	L. **2.100**

POTETE EVITARE QUALSIASI ALTRA SPESA PER FORMARE I VOSTRI VOLUMI

L'INVIO VIENE EFFETTUATO A MEZZO POSTA E LE RICHIESTE — ACCOMPAGNATE DALL'IMPORTO — DEVONO ESSERE INDIRIZZATE DIRETTAMENTE AL **« CORSO DI RADIOTECNICA » - VIA DEI PELLEGRINI 8/4 - MILANO.**

L'IMPORTO PUO' ESSERE VERSATO SUL CONTO CORRENTE POSTALE N. 3/41203, MILANO. — SI PREGA DI SCRIVERE IN MODO MOLTO CHIARO IL PROPRIO INDIRIZZO.

DATO IL PARTICOLARE SISTEMA, I FASCICOLI **POSSONO ESSERE RILEGATI OGNI SETTIMANA.**

ALLA FINE DEL **« CORSO »** E' PREVISTA LA PUBBLICAZIONE DI UNA « ERRATA CORRIGE » E DI INDICI MOLTO UTILI E PRATICI PER LA RICERCA DEI VARI ARGOMENTI.

Anche se possedete già dei fascicoli del « Corso di RADIOTECNICA »
VI POTETE ABBONARE

Calcolando un importo di lire 120 (centoventi) per ogni fascicolo in vostro possesso, detraete l'ammontare dalla quota di abbonamento. **Inviando la differenza** precisate i singoli numeri dei fascicoli esclusi.
Se vi interessano invece fascicoli arretrati affrettatevi a richiederli prima che qualche numero risulti esaurito. Attualmente possiamo spedire i fascicoli finora pubblicati, **a lire 150 cadauno** in luogo di lire 300 (prezzo normale degli arretrati).

Versamenti sul conto corrente postale N. 3/41.203 - Milano.